



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ

Elif Gözde TÜTÜNCÜOĞLU

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

OCAK 2021

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**DİZEL MOTORLARDA
KULLANILAN YAKIT
FİLTRELERİNİN KAĞIT
ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI VE
OPTİMİZASYONU**

Elif Gözde TÜTÜNCÜOĞLU

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

OCAK 2021



**DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN YAKIT FİLTRELERİNİN KAĞIT
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU**

Elif Gözde TÛTÛNCÛOĐLU

YÛKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÛHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÛHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÛSÛ**

OCAK 2021

Elif Gözde TÜTÜNCÜOĞLU tarafından hazırlanan “DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN YAKIT FİLTRELERİNİN KAĞIT ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile İskenderun Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi M. Kaan BALTACIOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Bahattin TANÇ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Tayfun ÖZGÜR

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Erdi TOSUN

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 20/01/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ


Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Ad SOYAD

Elif Gözde TÜTÜNCÜOĞLU

20/01/2021

DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN YAKIT FİLTRELERİNİN KAĞIT ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU

(Yüksek Lisans Tezi)

Elif Gözde TÛTÛNCÛOĐLU

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÛHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÛSÛ

Ocak 2021

ÖZET

Günümüzde gittikçe artan araç sayısı göz önüne alındığında, araçlardan salınan gazların çevreye etkileri de buna paralel olarak önemli ölçüde artmaktadır. Özellikle dizel araçlarda iyi yanma ve düşük emisyon değerleri için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Dizel motorlarda kullanılan yakıt, çeşitli sebeplerle motor elemanlarına zarar verebilecek kimyasal maddeler içerebilmektedir. Düzgün yanma, yakıt pulverizasyonu ve atomizasyonu için yakıtın enjektöre gönderilmeden önce bu maddelerin yakıttan ayrıştırılması gerekmektedir. Toz, kir, pas, su gibi zararlı maddelerin kullanılacak yakıttan uzaklaştırılması için yakıt filtreleri kullanılmaktadır. Yakıt filtrelerinin içinde bulunan filtre kağıtları, yakıt içinde bulunan yabancı maddelerin enjektöre ve motor elemanlarına ulaşmalarını engellemede önemli bir role sahiptir. Yakıt filtresinde bulunan bir filtre kağıdından; yüksek sıcaklığa dayanım, partikülleri süzecek kadar küçük fakat düzenli akışı engellemeyecek boyutta gözenekler, uzun ömür, yüksek su tutma kapasitesi, şekil dayanıklılığı ve mümkün olduğunca düşük maliyete sahip olması beklenmektedir.

Bu çalışmada, yakıt filtrelerinde kullanılan filtre kağıtları ile ilgili araştırmalar yapılmış ve halihazırda kullanılmakta olan üç farklı çeşit kağıt testlere tabi tutularak kalınlık, ağırlık, kabarcık noktası, maksimum gözenek çapı, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve partikül bazında verim değerleri ölçülmüş, optimizasyon ve karşılaştırması yapılarak en iyi özellikteki kağıt tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Filtre kağıdı, Filtreleme, Dizel motor, Yakıt filtresi, Dokusuz kumaş
Sayfa Adedi : 55
Danışman : Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT

RESEARCH AND OPTIMIZATION OF PAPER PROPERTIES OF FUEL FILTERS
USED IN DIESEL ENGINE

(MSc. Thesis)

Elif Gözde TÛTÛNCÛOĐLU

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

January 2021

ABSTRACT

Considering the increasing number of vehicles today, the environmental impacts of the gases emitted from the vehicles increase significantly in terms of this situation. Some precautions should be taken especially for efficient combustion and low emission values in diesel vehicles. The fuel used in diesel engines may contain chemical substances that can damage engine elements for various reasons. These substances must be separated from the fuel before the fuel is sent to the injector for proper combustion, fuel pulverization and atomization. Fuel filters are used to remove harmful substances such as dust, dirt, rust and water from the needed fuel. Filter papers in fuel filters have an important role in preventing foreign substances in the fuel from reaching the injector and engine elements. It is expected from a filter paper in the fuel filter; can be resistant to high temperature, small enough to filter the particles but not to prevent regular flow, long life, high water holding capacity, shape durability and as low cost as possible.

In this study, researches have been made on the selected three filter papers that used in fuel filters. Thickness, weight, bubble point, maximum pore size, bursting strength, air permeability and particle based efficiency values were measured and the best quality paper was determined by optimizing and comparing three different types of paper.

Key Words : Filter Paper, Filtration, Diesel engine, Fuel filter, Nonwoven,
Page Number : 55
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. HÛseyin Turan ARAT

TEŞEKKÜR

Dizel motorlarda kullanılan yakıt filtrelerinin kağıt özelliklerinin araştırılması ve optimizasyonu çalışmasında her zaman yanımda olan, bilgi ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, yüksek lisans eğitimim boyunca sabır ve ilgiyle yardımlarını esirgemeyen değerli Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan deneylerde ve elde ettiğim bilgilerde büyük bir katkısı olan, her türlü soruma cevap veren, ilgisini eksik etmeyen sevgili Hatice Nazife ILDIRAN'a ve Fil Filtre A.Ş. 'ye teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü yardımı ve motivasyonu sağlayan, tecrübelerini aktaran Arş. Gör. Kadir TOHMA'ya destekleri için teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan, her zaman arkamda olan ve beni destekleyen annem Türkan SAĞIR'a, babam Ahmet SAĞIR'a, kardeşim Emre SAĞIR'a ve her an sabır ve istekle yanımda olan ve desteğini esirgemeyen eşim Ogün TÜTÜNCÜOĞLU 'na ayrıca çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	25
3. MATERYAL VE METOD.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.2. Metod.....	29
3.2.1. Kabarcık noktası testi.....	29
3.2.2. Hava geçirgenliği testi.....	30
3.2.3. Patlama mukavemeti testi.....	31
3.2.4. Multipass testi.....	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	37
4.1. Meltblown Filtre Kağıdı.....	37
4.2. Krep Filtre Kağıdı.....	40
4.3. Selülozik Filtre Kağıdı.....	43

4.4. Test Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Optimizasyonu.....	46
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	53



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneye tabi tutulan filtre kağıtlarının üretici tarafından beyan edilen özellikleri.....	27
Çizelge 4.1. Meltblown filtre kağıdı Multipass Testi girdileri.....	37
Çizelge 4.2. Meltblown filtre kağıdı partikül bazında verim değerleri.....	38
Çizelge 4.3. Test sonuçlarından elde edilen kağıt özellikleri.....	39
Çizelge 4.4. Ölçülen değerlerin beyan edilen değerlerle karşılaştırılması.....	40
Çizelge 4.5. Krep filtre kağıdı Multipass Testi girdileri.....	38
Çizelge 4.6. Krep kağıt partikül bazında verim değerleri.....	39
Çizelge 4.7. Test sonuçlarından elde edilen kağıt özellikleri.....	42
Çizelge 4.8. Ölçülen değerlerin beyan edilen değerlerle karşılaştırılması.....	43
Çizelge 4.9. Selülozik filtre kağıdı Multipass Testi girdileri.....	43
Çizelge 4.10. Selülozik kağıt partikül bazında verim değerleri.....	42
Çizelge 4.11. Test sonuçlarından elde edilen kağıt özellikleri.....	45
Çizelge 4.12. Ölçülen değerlerin beyan edilen değerlerle karşılaştırılması.....	44
Çizelge 4.13. Maddeler ve büyüklükleri.....	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. EU yakıt türüne göre binek araç oranları.....	1
Şekil 4.1. Kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu deneyi sonuç grafiği.....	39
Şekil 4.2. Kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu deneyi sonuç grafiği.....	42
Şekil 4.3. Kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu deneyi sonuç grafiği.....	45
Şekil 4.4. Filtre kağıtlarının partikül süzme verimi karşılaştırmalı grafiği.....	47

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Dizel bir motorun motor sonrası egzoz sistemi	4
Resim 1.2. Dizel motorda yakıt sistemi ve kullanılan filtreler	5
Resim 1.3. İki farklı yakıt filtresi çeşidi.....	6
Resim 1.4. Yakıt filtresinin çalışma prensibi	6
Resim 1.5. Çeşitli katmanlı filtre ortamlarının filtreleme mekanizmaları	7
Resim 1.6. Rulo halinde sarılmakta olan filtre kağıdı.....	11
Resim 1.7. Spunbond filtre kağıdı üretim süreci	13
Resim 1.8. Meltblown kağıt üretim süreci	14
Resim 1.9. Elektrospun filtre kağıdı üretim süreci	16
Resim 1.10. Pileleme işlemi gerçekleştirilen bir filtre kağıdı.....	17
Resim 1.11. Şekil verilmekte olan bir filtre kağıdı.....	18
Resim 3.1. (a) Meltblown Kağıt, (b) Krep Kağıt, (c) Selülozik Kağıt.....	28
Resim 3.2. Test numunesinin ıslatılması.....	30
Resim 3.3. Membranın kabarcık noktasının, maksimum gözenek boyutunun ve hava geçirgenliğinin tespit edilmesi.....	31
Resim 3.4. (a) Patlama mukavemeti testi, (b) Patlamış kağıt görünümü.....	32
Resim 3.5. (a) Multipass test cihazı numune yuvası, (b) Numune ölçüsünde kesilmiş kağıt.....	33
Resim 3.6. Multipass test cihazı tanklar.....	33
Resim 3.7. Multipass test cihazına bağlanmış yakıt filtresi.....	34

Resim	Sayfa
Resim 3.8. Tanklardan alınan numunenin tartılması.....	35
Resim 3.9. Tanklardan alınan numune sıvı ve incelticinin membran üzerinden akıtılması.....	35
Resim 3.10. Membran üzerinde kalan partiküllerin ağırlığının ölçülmesi.....	36



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
NO_x	Azot oksit
q_t	Deney Sıvısı Debisi
t	Filtre Ömrü
V	Filtre Ömrü
g	Gram
CO₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
Kg-f	Kilogram-kuvvet
kPa	Kilopaskal
L	Litre
µm	Mikrometre
mbar	Milibar
mL	Mililitre
mm	Milimetre
cm	Santimetre

Simgeler	Açıklamalar
mm²	Milimetrekare
P_{diff}	Patlama Basıncı
cm²	Santimetrekare
P_{stat}	Statik Basınç Farkı
m²	Metrekare
N	Newton
°C	Santigrad derece
s	Saniye
η	Verim

Kısaltmalar	Açıklamalar
DOK	Dizel oksidasyon katalisti
DPF	Dizel partikül filtresi
EU	Avrupa Birliği
INDA	Dokusuz Yüzey Kumaş Endüstrisi Topluluğu
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu
Min.	Minimum
Max.	Maksimum

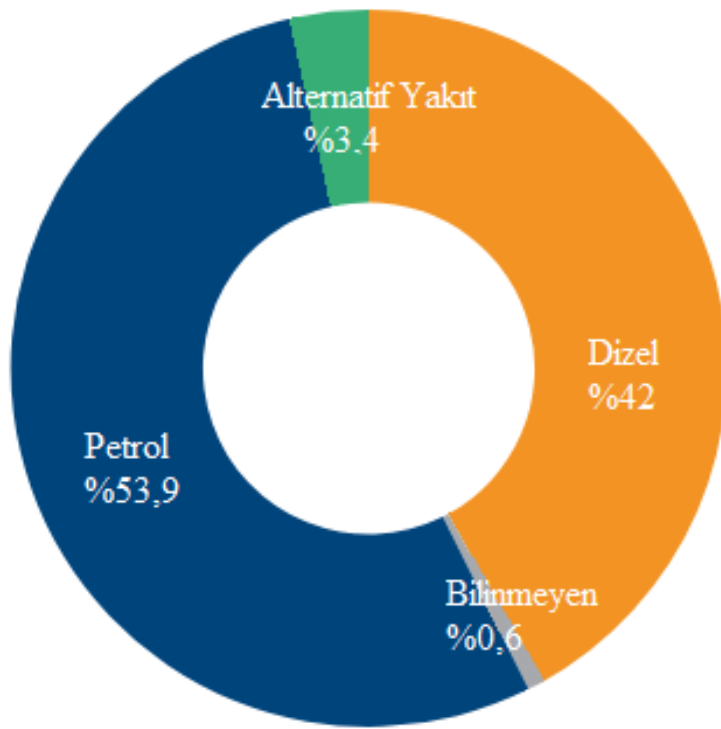
Kısaltmalar	Açıklamalar
PM	Partikül madde
SCR	Seçici katalitik indirgeme
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
US EPA	Amerika Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı



1. GİRİŞ

Günümüzde; üretim teknolojilerinin gelişmesi, motorlu araç kullanımının özendirilmesi, alım gücünün artması ve bunun gibi sebeplerle motorlu taşıt sayısında büyük bir artış yaşanmaktadır. Günlük hayatta motorlu taşıt kullanımının artması ve normalleşmesi ile kentsel yaşamın ve sanayileşmenin artması arasında doğrudan bir bağlantı bulunmaktadır.

Eylül 2020 itibariyle Türkiye’de bulunan trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayısının 23,8 milyonu aştığı belirtilmektedir [1]. TÜİK 2020 verilerine göre Türkiye’de dizel yakıt ile çalışan motorlu taşıtlar, trafiğe kayıtlı tüm taşıtların yaklaşık %40’ını oluşturmaktadır [2]. Şekil 1.1 Avrupa’da kullanılan binek araçların yakıt türüne göre oranları gösterilmektedir.



Şekil 1.1. EU yakıt türüne göre binek araç oranları[3]

Çevre kirliliği açısından bakıldığında, motorlu taşıtlar kentsel hava kirliliğinin ve küresel ısınmanın en büyük sebeplerinden biri olan sera etkisinin meydana gelmesinde doğrudan rol oynamaktadır. Özellikle emisyon açısından kıyaslandığında, dizel motorların sebep olduğu emisyonların benzinli motorlara göre çok daha fazla ve tehlikeli olduğu da bilinmektedir. Dizel motorların en önemli dezavantajlarından ikisi, çevreye saldıkları NO_x ve partikül madde miktarlarıdır. Salınan bu maddeler hem doğa hem de insan sağlığı için oldukça

zararlıdır. Dizel motorlardan salınan partikül maddeler akciğer rahatsızlıkları başta olmak üzere birçok hastalığa yol açabilmektedir. Hava kirliliğine bağlı olarak değişen iklim, ortaya çıkan hastalıklar ve ölümler, birçok ülke için önemli gündem maddelerinden biri haline gelmektedir. Dünya üzerinde her 10 ölümden birinin hava kirliliği sebebiyle gerçekleştiği göz önüne alındığında, emisyon değerlerini azaltmak için yapılacak en küçük çalışmanın bile çok büyük öneme sahip olduğu bir gerçektir [4].

NO_x ise, çevre için oldukça zararlı olan asit yağmurlarına neden olan gazlardan biridir. Bu maddelerin salınımını azaltmak amacıyla devletler tarafından birtakım emisyon kısıtlamaları getirilmiştir. İlk olarak 1992 yılında partikül madde ve NO_x miktarını azaltmak amacıyla Avrupa Birliği tarafından EURO 1 emisyon standardı oluşturulmuştur [5]. Bu yıldan itibaren, izin verilen emisyon limitleri giderek düşürülmüş ve bu kısıtlamalar daha zorlayıcı hale getirilmiştir. 2015 yılındaki 193 ülkenin ortak konsorsiyumu ile Paris Anlaşması imzalanmış ve buna göre küresel sıcaklık artışının 1,5 °C'nin olabildiğince altında tutulması hedeflenmiştir. Hem bu hedef hem de EURO 6 emisyon standart hedefleri; özellikle dizel araçlarda emisyon düşürücülerin önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Özellikle dizel motorlar olmak üzere içten yanmalı motorların temelleri, 1824 yılında Fransız mühendis Nicholas Leonard Sadi Carnot tarafından atılmıştır. Carnot, yanmanın atmosferik basınçta değil de yüksek basınçlı ortamda olması gerektiğini ve sıkıştırılan yakıtın silindirlere verilmesi ilkesi ile enjektör fikrini ortaya çıkarmıştır [6].

Daha sonra çeşitli çalışmalar yapılmış ve 1982 yılında Alman mühendis Rudolf Diesel, yakıtın tutuşma sıcaklığının, havanın belirli bir oranda sıkıştırılmasıyla elde edilen sıcaklıktan daha düşük olduğu ilk makinenin patentini almıştır [7]. Rudolf Diesel, 1895 yılında 4 stroklu, 30-40 kg-f/cm² sıkıştırma basıncına sahip, su soğutmalı, yakıtı yüksek basınçlı hava ile püskürtülen ve ısıl verimi yaklaşık %24 olan bir makine tasarlayarak büyük bir gelişmeye öncülük etmiştir [6].

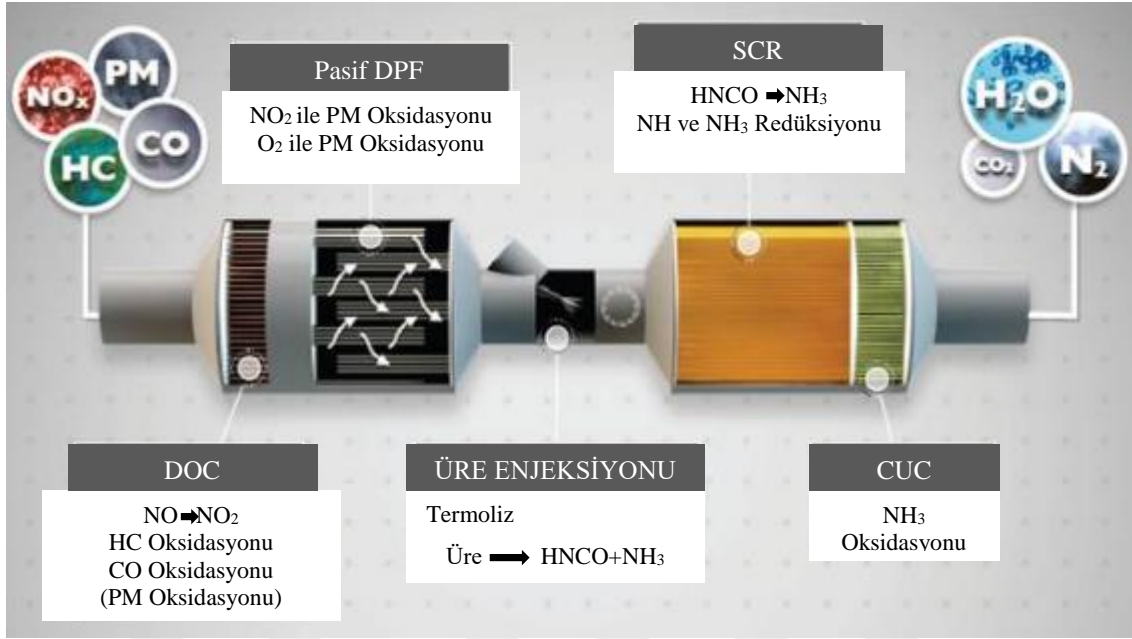
Dizel motorda oksijen içeren hava yüksek oranda sıkıştırılmakta ve böylece yüksek basınç ve sıcaklığa (500-700 °C) sahip olmaktadır. Dizel yakıt yüksek basınçla yanma odasına püskürtülmekte, yakıt oksijen içeren hava ile karışmakta ve yanma gerçekleşmektedir. Gerçekleşen bu yanma işlemi ile sıcaklık yükselmekte ve karışım içindeki gaz

genleşmektedir. Bu şekilde oluşan yüksek basınçla piston hareket etmekte ve hareket sağlanmaktadır [6].

Dizel motorlar, benzinli motorlara kıyasla daha yüksek tork ürettikleri ve menzil açısından daha avantajlı oldukları için taşıt kullanıcıları tarafından oldukça fazla tercih edilmektedir. İyi yanmaya sahip bir motordan; minimum hava girdisi, maksimum ekonomi, minimum yakıt sarfıyatı ve istenen devir sayısında maksimum gücü sağlayabilmesi beklenmektedir. Hava-yakıt karışımının yanmasının; yanmamış yakıt, partikül madde birikimi ve dumanlı egzozla sebebiyet verilmemesi amacıyla tam olması gerekmektedir. Tam yanma sırasında, dizel yakıtta bulunan hidrokarbonlar kimyasal tepkime sonucu, CO₂ ve su buharı meydana getirmektedir. Fakat yanmanın tam olmaması, silindirlere istenmeyen emisyon oluşmasına sebebiyet vermektedir. Bunun yanında silindirlere fazla hava verilmesinden dolayı azot oksitler ve dizel yakıtta bulunan kükürt sebebiyle kükürt oksitler ortaya çıkabilmektedir. Dizel motorlarda yakıtın yanması sonucu oluşan başta NO_x ve partikül madde (PM) olmak üzere zararlı gaz emisyonları, çevre kirliliği açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

Dizel motorların sebep olduğu CO emisyonları, sürekli yüksek hava-yakıt oranına sahip oldukları için nispeten daha azdır. CO renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır ve insanlarda nefes darlığı, bitkinlik, dikkat dağınıklığı ve baş ağrısı gibi çeşitli rahatsızlıklara sebebiyet verebilmektedir [5]. Dizel yakıtın sebep olduğu NO_x, hava kirliliğine neden olan kirleticilerden bir diğeridir. Karbon emisyonları ile karşılaştırıldığında NO_x emisyonunun çok daha tehlikeli olduğu aşikardır. Emisyon değerlerini kontrol altında tutabilmek ve en aza indirebilmek amacıyla Amerika (US EPA), Avrupa (EURO) ve Japonya'da çeşitli standartlar oluşturulmuştur [8].

Dizel motorlarda kirletici emisyonların giderilmesi için kullanılan sistemlerden biri motor sonrası egzoz sistemleridir (after-treatment) . NO_x emisyonları için seçici katalitik indirgeme (selective catalytic reduction (SCR)) ve diğer reaksiyonlar için DOK kullanımı emisyonların düşülmesi için bir çözüm olarak sunulmaktadır. Bunların dışında en yaygın olarak ise, DPF özellikle partikül madde filtrelenmesi için kullanılmaktadır [8]. Bir dizel motorun, motor sonrası egzoz sistemi Resim 1.1'de şematik olarak gösterilmektedir.

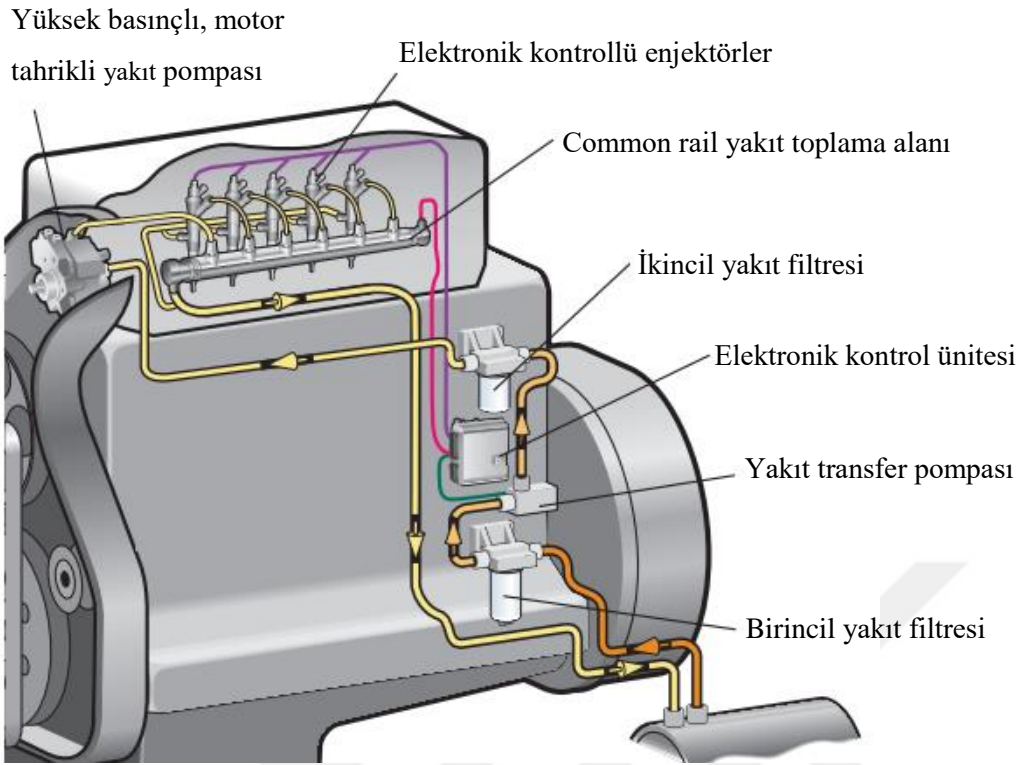


Resim 1.1. Dizel bir motorun motor sonrası egzoz sistemi [9]

Araçlarda 4 tip filtre kullanılmaktadır. Bunlar; kabin içi hava filtresi, motor hava filtresi, yağ filtresi ve yakıt filtresidir.

Dizel araçlarda temiz ve verimli bir yanmanın gerçekleşebilmesi için yakıt enjektöre gönderilmeden önce yakıt filtresinden geçirilmektedir. Araçlarda kullanılan yakıtın kirli olması veya partiküllerin araç deposunda zamanla birikmesi ve bunun gibi sebepler, yakıtın sisteme gönderilmeden önce filtrelenmesini zorunlu kılmaktadır. Yakıt içerisinde bulunan su, sistem elemanlarında korozyona ve yakıt kayganlığının azalmasına sebep olabilmektedir. Günümüzde sistemlerin daha düşük toleranslarda çalışması sebebiyle sistem elemanlarının yakıt içerisinde bulunan kirleticilere (su, partikül, hava vb.) karşı hassasiyeti artmakta ve bu bağlamda yakıt filtrelerinin sorunsuz çalışması gerekliliği kaçınılmaz hale gelmektedir.

Dizel motorlarda kullanılan birincil yakıt filtresi çoğunlukla Resim 1.2'de görüldüğü gibi yakıt transfer pompasının emme tarafında bulunmaktadır. Bu sayede yakıt pompaya girmeden önce su ayrıştırılmakta ve pompa, suyun vereceği zararlardan korunmaktadır. Birincil filtrelerin verimliliği, pompa gereksinimlerine göre belirlenmektedir ve bu filtreler için tipik mikron değerleri geniş bir aralıktadır (7-25µm). İkincil filtreler genellikle transfer ve yüksek basınçlı enjeksiyon pompası arasında yer almaktadır. Bu filtreler sayesinde yüksek basınçlı yakıt pompası ve hassas yakıt enjeksiyon bileşenleri partiküllerin vereceği zararlardan korunmaktadır. Yüksek basınçlı common rail yakıt sistemlerinde kullanılan ikincil filtreler genellikle 4-7 µm aralığında sınıflandırılmaktadır [10].



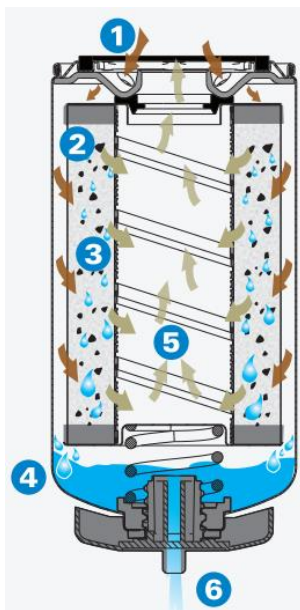
Resim 1.2. Dizel motorda yakıt sistemi ve kullanılan filtreler [10]

Filtre, akışkan içinde bulunan ve istenmeyen maddeleri ayırtmak amacıyla kullanılan bir süzme elemanıdır. Filtreler, farklı alanlarda ve farklı amaçlarla kullanılsa da temel prensip filtrelenen malzemenin saflığını artırmaktır. Endüstride filtrasyon işlemi sayesinde akışkandan katı veya sıvı maddelerin ayrıştırılması ile kirliliğin kontrol altına alınması, çevreye zararlı atıkların salınmaması, sistem veriminin yükseltilmesi ve enerji tasarrufu gibi pek çok amaca hizmet edilmektedir.



Resim 1.3. İki farklı yakıt filtresi çeşidi

Donaldson tarafından hazırlanmış Resim 1.4'te, bir yakıt filtresinin çalışma döngüsü numaralarla gösterilmektedir. Kirli yakıt, filtreye 1 numara ile gösterilen kapakçıklardan girmektedir. 2 ve 3 numara ile gösterilen filtre ortamında yakıtta bulunan su ve kirleticiler tutularak filtreleme işi gerçekleşmektedir. Süzülen su damlacıkları, 4 numaralı bölümde toplanmaktadır. 5 numaralı borudan sisteme temiz yakıt akışı sağlanmaktadır. Filtrenin alt çanağında biriken su, 6 numaralı boşluktan tahliye edilmektedir [10].



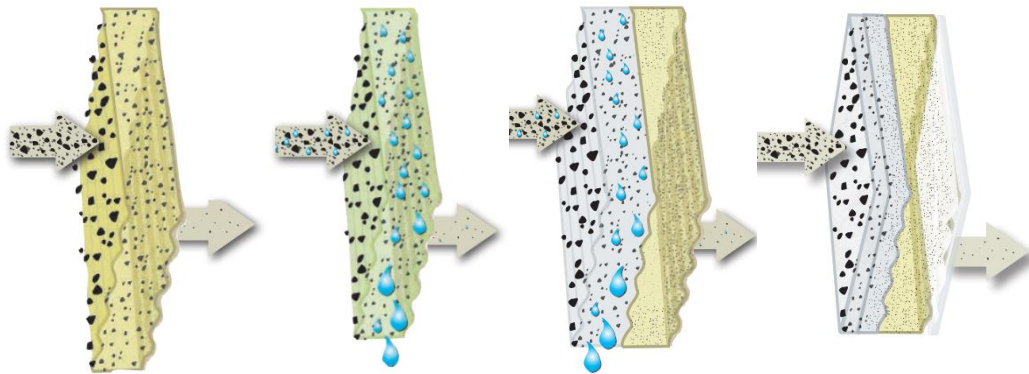
Resim 1.4. Yakıt filtresinin çalışma prensibi [10]

Filtre ortamı, Purchas ve Sutherland (2002) tarafından, filtre çalışma koşullarında bir akışkanın bir veya daha fazla bileşenini geçirip geri kalan bileşenlerini geçirmeyen herhangi bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Filtre ortamının temel rolü, en az enerji tüketimi ile partikül veya diğer maddelerin akışkandan ayrılmasını sağlamaktır. Bu sebeple filtre ortamı, filtre sistemi için çok önemli bir bileşen olarak yer almaktadır. Kullanılan filtre ortamları dokuma kumaşlar, dokusuz yapılar, elyafli malzemeler, polimer veya seramik esaslı levhalar ve sinterlenmiş metaller gibi çeşitli malzemelerden meydana gelebilmektedir [11].

Nonwoven olarak adlandırılan dokusuz ortam, esnek bir kumaş tabakası oluşturmak amacıyla, bir tür yapıştırma ile bir arada tutulan, rastgele dağılmış liflerden meydana gelmektedir. Mekanik bütünlük sağlanması amacıyla ısı ve yapıştırıcı malzeme takviyesi uygulanmaktadır [11].

Donaldson'a göre yakıt filtrelerinde filtre ortamı çoğunlukla, partikül yakalama verimliliği ve gözenek yapısı göz önüne alındığında kağıt eleman seçilerek oluşturulmaktadır. Ayrıca filtre ortamının, içinden geçen sıvının basıncına karşı rijitliğini koruyacak özellikte olması da beklenmektedir [10].

Donaldson Company tarafından hazırlanan Resim 1.5'te gösterilen selüloz esaslı malzemeden oluşan katlanmış filtre ortamı en yaygın kullanılan ortamlardan biridir. Büyük parçacıklar dış katmanda tutulurken, daha küçük olanlar derinde yakalanmaktadır. Selülozik bir filtre ortamının silikon bazlı bir malzeme ile işlenmesi, suyun ayrılmasında etkinliği artırmaktadır. Partiküller filtre ortamında tutulurken su, toplama kabında birikmektedir [10].



Resim 1.5. Çeşitli katmanlı filtre ortamlarının filtreleme mekanizmaları [10]

Filtre ortamının verimini yükseltmek amacıyla selüloz ve ince elyaftan oluşan, tek veya çok katmanlı yapıların üretilmesi, sektörde dikkat çeken konulardan biri haline gelmektedir. İnce

elyaf tabaka, yüksek kapasite ve standart yakıtlarda su ayırımı sağlarken selülozik veya mikro fiber yapı ise küçük boyutlardaki parçacıkların ayrıştırılmasına olanak tanımaktadır. Selülozik ve meltblown ortamdaki oluşan katmanlı yapı için de aynı özellikler geçerli olmaktadır [12].

Aslan ve Kaplan'a göre filtreleme işlemi, farklı prensiplere dayanan çeşitli mekanizmalarla gerçekleşebilmektedir. Bir akış içerisinde partiküllerin ani yön değişikliklerine karşı direnci onların ataletini ifade etmektedir. Buna göre akışkanın filtreden geçişi sırasında partiküller filtre ile çarpışmakta ve ayrışma böylece gerçekleşmiş olmaktadır. Yüzey geçişi prensibine göre homojen gözenek dağılımına sahip olan yapılarda, partiküller filtreleme elemanından daha büyük boyutta olduğundan dolayı, süzülerek akışkandan ayrılmaktadır. Derinlik geçişi prensibi, daha büyük ve kalınlık boyunca değişen gözeneklere sahip dokusuz yapılar için geçerli olmaktadır. Buna göre partiküller küçük çaplı gözeneklerin içine hapsolarak ayrışma sağlanmaktadır. Sıvı akışkan içinde bulunan katıların filtrelenmesi amacıyla gerçekleştirilen derinlik filtrasyonunda çok küçük partiküller (0,04 – 0,4 µm) gerçekleşen difüzyon etkisiyle yakalanmaktadır. Partikül yakalama işlemi; atalet etkisi, durdurma, difüzyon, elektrostatik çekim vb. mekanizmalarla gerçekleşmektedir [13].

Akışkanlarda bulunan partiküllerin filtre tarafından tutulma ihtimali hızıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Ancak hız belirli bir değer aralığında tutulmazsa filtre elemanından ayrılan küçük liflerin filtreleme verimini düşürmesi ve filtreleme işine ters yönde etki etmesi kaçınılmaz olmaktadır [13].

Filtre ortamının emici olması genellikle istenmeyen bir durumdur. Selülozik ortamın suyu emme eğilimi, filtre yapısını yumuşatarak zayıflatma ve filtre ömrünü kısaltma gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Ayrıca nemin tutulması filtre malzemesinin şişmesine sebep olarak filtre performansını düşürebilmektedir [11].

Özellikle otomotiv sektöründe kullanılan filtre kağıtları için gözenek yapısı, geçirgenlik, verim ve birim ağırlık büyük önem teşkil etmektedir.

Filtreler ve filtrelerde kullanılan malzemelerin uluslararası standartlara uygunluğunun sağlanması için birtakım testlere tabi tutulması gerekmektedir. Yakıt filtreleri ile ilgili belirlenmiş standartlardan biri ISO 4406, testlerde kullanılan sıvı içerisinde bulunan

kirleticilerin miktarının ve kirliliğinin belirlenmesinde yol göstermektedir (ISO 4406-2017) [14].

Dizel karayolu taşıtlarında kullanılan yakıt filtrelerinin deney yöntemleri ile ilgili uygulamalar ISO 4020 ile standartlaştırılmaktadır. Bu standart, dizel yakıtlı motorlu kara yolu taşıtlarında ve yakıt püskürtme sisteminin deney düzeneklerinde kullanılan yakıt filtrelerine uygulanmaktadır. Buna göre kullanılan deney kirleticisinin yoğunluğunun, ilave edilen deney kirleticisinin yoğunluğuna oranının % cinsinden ifadesi, anlık filtreleme verimi η olarak hesaplanmaktadır. Filtre elemanının veya filtrenin bakımı, değişimi veya nihai kısmi basınca ulaşana kadar olan periyot, filtre ömrü t veya V olarak ifade edilmektedir. Filtre girişi ve çıkışı arasında ölçülen basınç, statik basınç farkı P_{stat} ile gösterilmektedir. Deneylerde dizel yakıt içerisinde bulunan kirleticilere benzer olarak elde edilmiş ve deney sıvısı içerisinde düzgün olarak dağılmış organik kirleticiler (siyah karbon parçacıkları) ve filtrenin anlık filtreleme veriminin tespit edilebilmesi amacıyla organik kirleticilere eklenen, yanmayan, parçacık boyutları belli olan ve birbirine yapışık haldeki inorganik kirleticiler (alüminyum oksit tozları) kullanılabilir. Organik kirletici kullanılacaksa 1 g siyah karbon parçacığı, 90 mL deney sıvısı ve 10 mL dağılmış katkı maddesi bulunan bir karışım hazırlanmaktadır. Hazırlama yöntemi ve siyah karbon parçacıklarının özellikleri standartta belirtilmektedir ve karışımın uygunluğu da ayrıca bir deneyle kontrol edilmektedir. Tıkanan bir filtrede bulunan filtre elemanının, yapısal bozulmaya uğradığı fark basıncı, kPa cinsinden çökme/patlama basıncı P_{diff} olarak tarif edilmektedir. Deney boyunca filtreden geçen akışkanın saatteki veya dakikadaki miktarının litre cinsinden ifadesi deney debisi q_t olarak tanımlanmaktadır. Deney sıvısı içerisinde bulunan karışım halindeki su ise çözünmemiş su olarak tarif edilmektedir [15].

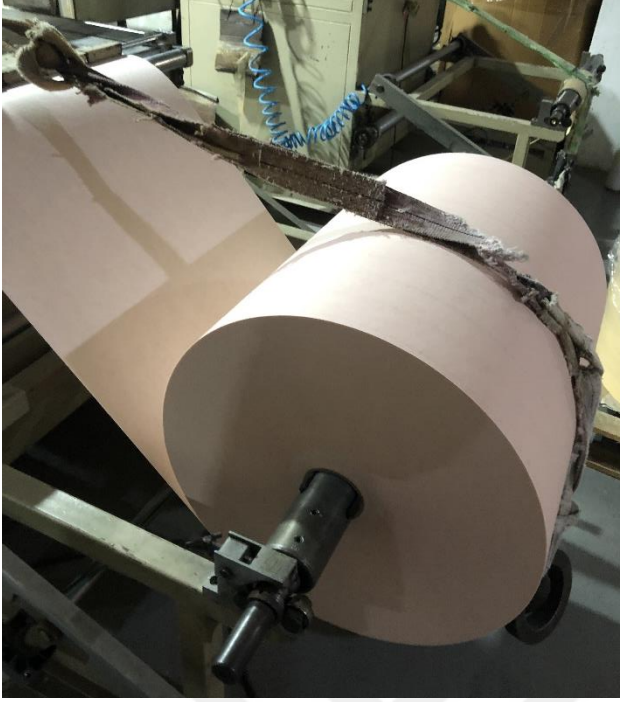
Su ayırıştırma ve çökme/patlama deneyleri dışındaki deneylerde, özellikleri ISO 4020 standardında belirlenmiş olan katkısız madeni yağ kullanılmaktadır. Bu yağın kinematik viskozitesi 4-6 mm²/s olacak şekilde sıcaklık belirlenmektedir. Bunun dışında deney sıcaklığında aynı viskozite değerlerinin elde edilebilmesi için yağ, yüksek kalite gaz yağı (kerozen) veya rafine mil yağı ile karıştırılabilmektedir. Deney sıvılarının katkısız olması beklenmektedir (renklendiriciler hariç). Filtre kağıdı boyunca basınç farkının 85 kPa değerini geçmemesi istenmektedir. Deney sıvısı da ayrıca bir filtreden geçirilmekte ve uygun şekilde temizlenerek 20 defaya kadar kullanılabilir (ISO 4020-2012) [15].

Dizel motorlu kara yolu taşıtlarında kullanılan filtrelerin deneyleri, ISO 4020 standardına göre şu şekilde sıralanabilmektedir [15]:

- Yeni Filtrelerin Temizlik Deneyi
- İmalat Bütünlük Deneyi
- Yeni Filtrelerin Fark Basınç Deneyi
- Anlık Filtreleme Verimi ve Filtre Ömrü Deneyi
- Su Ayırıştırma Verimi Deneyi
- Filtre Elemanının Çökme/Patlama Deneyi
- Filtre Kompleksinin Patlama Deneyi
- Darbeli Basınç Yorulma Deneyi
- Titreşim Direncine Karşı Yorulma Deneyi

ISO 4020, bir filtrenin tutma kapasitesinin ve ortalama gravimetrik verimliliğinin belirlenmesine izin vermektedir. Kullanılan test tozu organik ve mineraldir (ISO 12103). Kullanılan test sıvısı ise dizel yakıtına yakın bir viskoziteye sahip olmaktadır. ISO 19438, Multipass deneyi ile parçacık sayımı, tutma kapasitesi başlangıç ve kümülatif verimi belirlemeyi mümkün hale getiren bir standarttır [16].

Filtre kağıtları genel olarak sentetik, selülozik veya lifli yapılardan meydana gelmektedir. Nonwoven olarak isimlendirilen dokusuz filtre ortamı, rastgele dağılmış liflerden oluşan ve görevi ortam boyunca taşınan akışkanı filtrelemek olan gözenekli yapı olarak tanımlanmaktadır. Rastgele dağılmış olan lifler filtre ortamının ana bileşeni olsa da, şekillendirme, çalışma ortamı vb. sebeplerle farklı elementler ve bileşenler de içerebilmektedir. Filtre kağıdı, Resim 1.6'da gösterildiği gibi rulo halinde sarılmaya yetecek uzunlukta, tabaka halinde bir yapıda üretilmektedir [17].



Resim 1.6. Rulo halinde sarılmakta olan filtre kağıdı

Dokusuz filtre ortamı üretim yöntemlerine göre, aşağıda gösterildiği şekilde sınıflandırılabilir [11]:

- Kuru Şekillendirme
 - Lif Bazlı
 - Havada Serme
 - Kuru Serme
 - Polimer Bazlı
 - Meltspun
 - Spunbond
 - Meltblown
 - Flashspun

- Nanofiber Eđirme
 - Elektrospun
 - Santrifüj Eđirme
- Yaş Serme
- Filtre Membranları
- Kompozit Yapılar

Hutten, havada serme ve kuru serme işlemlerinin, lif ağlarının rastgele oluşturulması amacıyla liflerin tek tek dağıtılması ile gerçekleştirildiğini öne sürmektedir. Spunbond ve meltblown ise lif halinde ve bir toplayıcı üzerinde bulunan erimiş polimerleri kullanmaktadır. Flashspun ise erimiş polimer yerine bir polimer çözeltisinin eğirilmesiyle ağ yapısının oluşturulması temeline dayanmaktadır. Elektrospun nanofiber ağlar, çözücü ile özünmüş bir polimerden meydana geldikleri için flashspun ağların bir çeşidi olarak tarif edilebilmektedir [11].

Dokusuz filtre kağıtları, kuru ve yaş üretim olarak iki ana proseste üretilebilmektedir. Kuru sermede ağlar hava ortamında şekillendirilirken, yaş sermede suda şekillendirilmektedir [17]. Bu uzun lifli ve dar gözenekli yapının oluşturulabilmesi için ıslak serme makineleri olarak adlandırılan özel makinelere ihtiyaç duyulmaktadır [17].

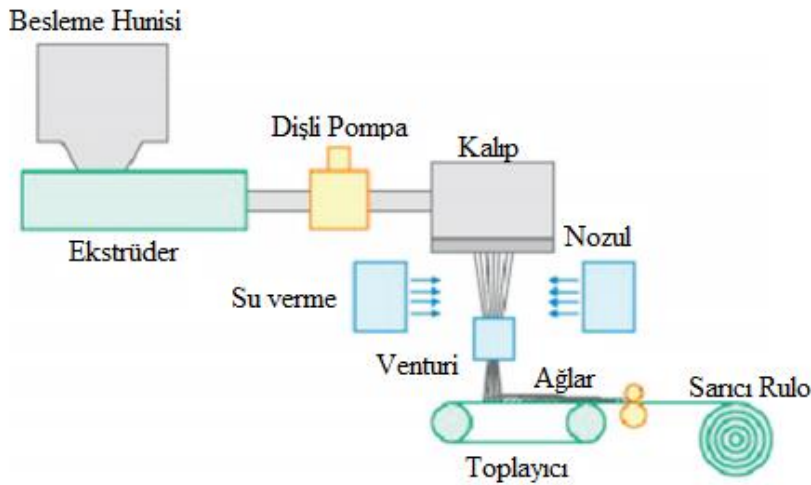
Kuru şekil verme işlemi 5 temel prosteden meydana gelmektedir. Genellikle selülozik yapıdaki hamurdan oluşan ve bebek bezi, hijyenik ped ve bunun gibi emici malzemeler için havada serme işlemi uygulanmaktadır (airlaid) [13]. Bu yöntemde selülozik hamur bir merdane yardımıyla inceltilerek bir konveyör üzerinden rulo haline getirilmektedir. Süreç içinde polyester, naylon ve polipropilen gibi malzemeler de dahil edilebilmektedir. Bu yöntemde süper absorbent polimerlerden karboksi metil selüloz (CMC) da sıklıkla kullanılmaktadır [13].

Kuru serme yöntemi daha çok keçe yapısındaki filtre elemanlarının üretiminde uygulanmaktadır. Kuru serilmiş ağlar ile havada serilmiş ağlar arasında hammadde ve proses

farkları bulunmaktadır. Havada serilmiş ağlar selüloz, odun özü ve az miktarda kesikli liflerden oluşurken kuru serilmiş olanlar daha uzun ve kıvrımlı liflerden meydana gelmektedir [13].

Spunbond olarak adlandırılan proste erimiş polimer (polyester, naylon, polietilen ve polipropilen) bir hazneden ekstrüde edilmekte ve hızlıca soğutulmaktadır. Bu polimerler, hazırlanan kalıplardan sabit basınçla geçirilerek filament haline getirilmekte ve sonrasında soğuk bir ortamdan geçirilip çekmeye maruz bırakılarak bant konveyörlere aktarılmaktadır. İşlem, son ürünün homojen bir ağırlık dağılımına sahip olması amacıyla sabit basınç altında gerçekleştirilmektedir. Ayrıca soğuk ortamda filamentlerin bir miktar çekerek olgunlaşması sağlanmaktadır. Sonrasında ise filamentler çeşitli bağlama yöntemleriyle (kimyasal, mekanik, termal) birbirine bağlanmakta, kalender ile dokusuz kumaşa desen ve mukavemet sağlanmakta ve baskı silindirleri yardımıyla rulo haline getirilmeye hazırlanmaktadır [18].

Spunbond filtre kağıdının üretim süreci Resim 1.7de şematik olarak gösterilmektedir.



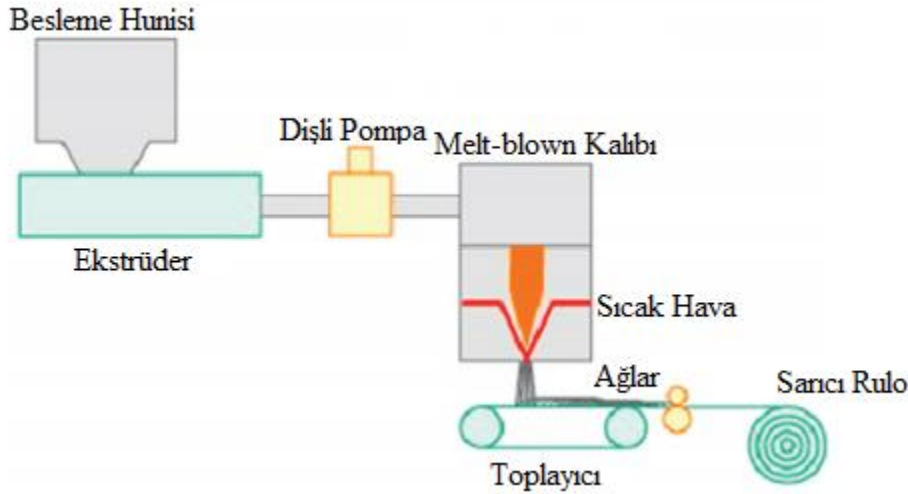
Resim 1.7. Spunbond filtre kağıdı üretim süreci [11]

Spunbond filtre malzemesinin genel özellikleri şu şekilde ifade edilebilmektedir [17]:

- Rastgele lif yapısına sahiptir.
- Ağlar genelde beyazdır ve birim alanda opaklığı yüksektir.
- Katmanlı bir yapıya sahiptir.

- Ağırlık 5-800 g/m² arasında, genel olarak 10 ila 20 g/m² arasında değişmektedir.
- Lif çapları 1-50 µm arasında, genel olarak 5 ila 35 µm arasında tercih edilmektedir.
- Ağ kalınlığı 0,1-4 mm arasında, genel olarak 0,2 ila 1,5 mm arasında değişmektedir.
- Aşınma ve buruşmaya karşı dirençleri yüksektir.

Kağıt üretim yöntemlerinden biri olan meltblown (eriyik üfleme) yönteminde ağlar doğrudan erimiş reçineden oluşmaktadır. Bu yöntemde termoplastik polimerler, filametleri oluşturmak amacıyla yüksek hızlı hava ile inceltilecek bir çekme kalıbından ekstrüde edilmektedir. Burada, diğer polimerlere göre daha ekonomik ve birçok alana uyarlanabilecek çeşitlilikte olması sebebiyle polipropilen (PP) ve polibütilen tereftalat polimerleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Meltblown malzeme spunbond malzemeye göre daha zayıf ve yumuşak bir yapıdadır. Bu nedenle mukavemet için çeşitli malzemelerle birlikte kullanılmaktadır. [29].



Resim 1.8. Meltblown kağıt üretim süreci [11]

Meltblown filtre kağıdının üretim prosesi Resim 1.8’de şematik olarak gösterilmektedir.

Meltblown filtre malzemesinin genel özellikleri şu şekilde ifade edilebilmektedir [17]:

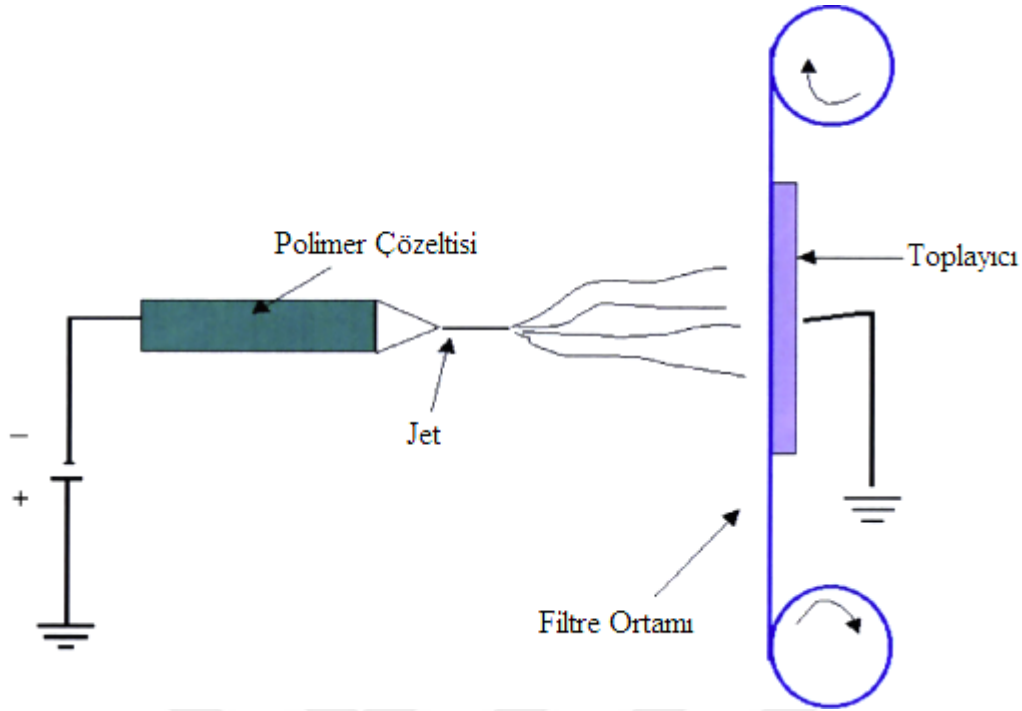
- Elyaflar rastgele dizilmiştir.

- Ağ yapısı genellikle opaktır.
- Ağlar katmanlı yapıdadır.
- Ağırlık 8-350 g/m² arasında, genel olarak 20 ila 200 g/m² arasında değişmektedir.
- Lif çapları 0,5-30 µm arasında, genel olarak 2 ila 7 µm arasında tercih edilmektedir.
- Bulunan mikro elyaflar sayesinde iyi yalıtım ve filtreleme verimi için yüzey alanı artmaktadır.
- Liflerin dokusu pürüzsüzdür ve enine kesit görüntüsü daireseldir.
- Lif çapları uzunluk boyunca değişken olabilmektedir.
- Lif uzunlukları süreklidir.
- Liflerde, ekstrüzyon sonrası gerçekleşen hava akımı karmaşıklıklarının sebep olduğu düşünülen termal dallanma görülmektedir.

Meltblown ağlar ile spunbond ağlar arasında bulunan temel fark, meltblown ağların daha ince filamentlerden meydana gelmesidir. Meltblown yapısı spunbond yapısına göre daha yumuşak ve buna bağlı olarak daha zayıf olabilmektedir. [11].

Flashspun işlemi, bir polimer çözeltisinin ekstrüde edilmesi ve çözücünün hızlıca buharlaşarak filamentlerin lifli bir yapı kazanması prensibine dayanan bir dokusuz kumaş üretim yöntemidir [11].

Elektrospun işlemi, bir polimer çözeltisi veya eriyik içerisine yüksek voltaj uygulanarak dokusuz kumaş elde etmeye yarayan bir yöntemdir [11].



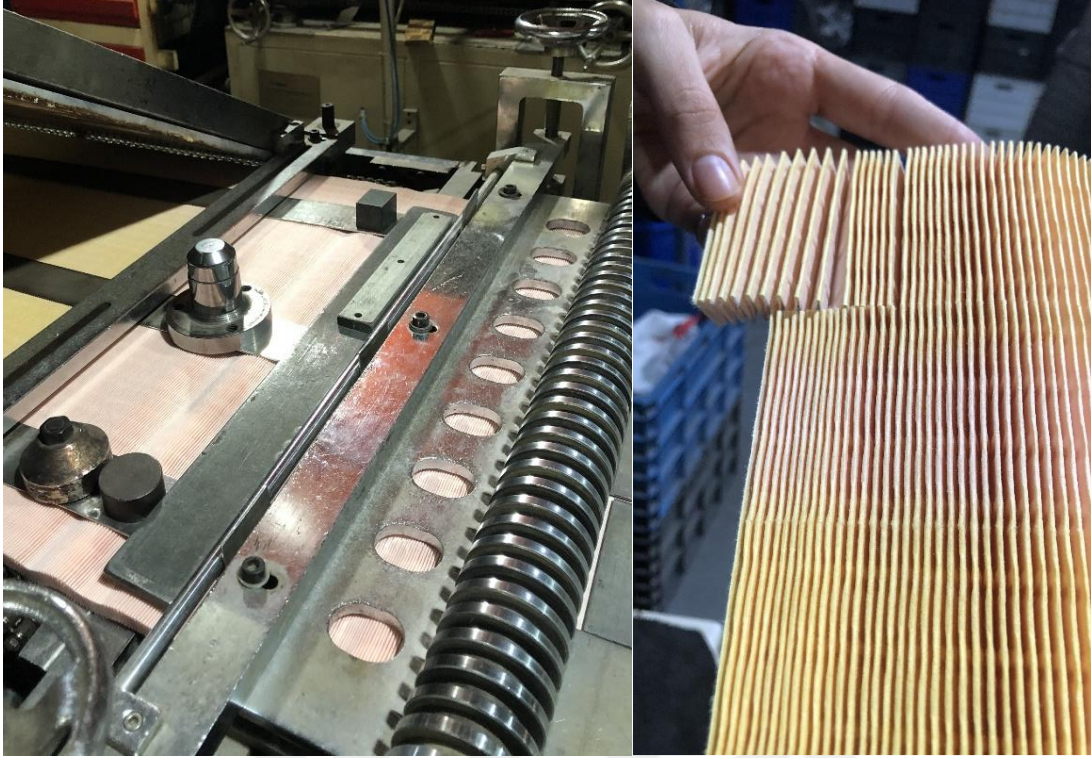
Resim 1.9. Elektrospon filtre kağıdı üretim süreci [11]

Elektrospon filtre kağıdının üretim prosesi Resim 1.9’da şematik olarak gösterilmektedir.

Hassas filtreleme gereken durumlarda sıvı akışkandan çok küçük partiküllerin ayrıştırılması; mikro filtrasyon, ultra filtrasyon, nano filtrasyon ve ters osmoz prensipleriyle gerçekleştirilebilmektedir [13].

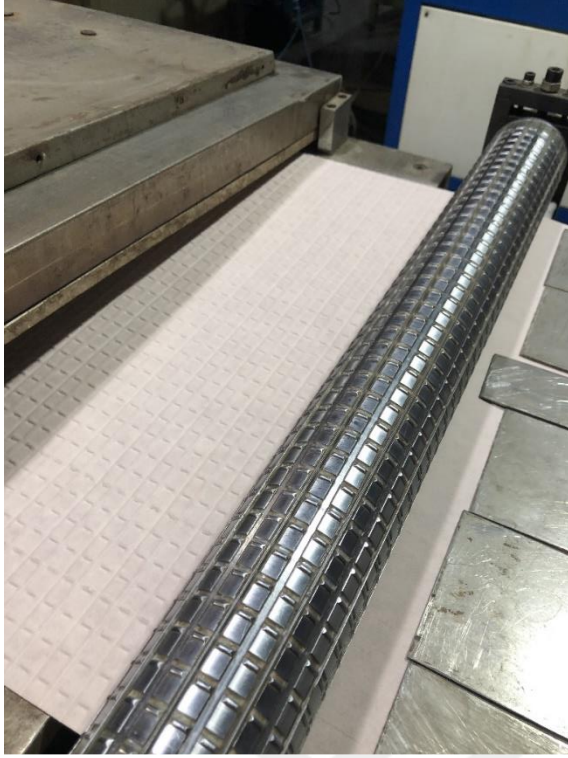
Dokusuz filtre malzemelerinin üretimi için geliştirilen her proseste, aynı veya farklı hammaddeler kullanılarak, birbirinden farklı dokusuz malzeme üretilmektedir.

Yakıt filtrelerinde bulunan filtre elemanları genel olarak yaş yöntemle üretilmekte ve bu nonwoven malzemelerin büyük bölümü INDA tarafından kağıt filtre ortamı olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemde doğal lifler ve odun hamuru yoğunlukta olmak üzere cam, naylon, polyester, grafit ve suda çözünen fiber yapılar kullanılabilir. Elde edilen kağıt, kimyasallar ilave edilerek, reçine kaplanarak ve form verilerek (pileleme, geri sarma, kırıştırma vb.) kullanım alanına uygun hale getirilmektedir. Filtrasyon yüzeyinin artırılması amacıyla filtre kağıtları Resim 1.10’da görüldüğü gibi pileleme işlemine tabi tutulmaktadır. [17].



Resim 1.10. Pileleme işlemi gerçekleştirilen bir filtre kağıdı

Yaş şekil verme, baz kağıt filtre ortamı ve reçine ile işlenmiş filtre ortamı olmak üzere iki temel filtre ortamından meydana gelmektedir. Baz kağıt, reçineyle işlenmemiş ve şekillendirilmemiş kağıt anlamına gelmektedir. Bu kağıtlar selülozik odun ve bitkisel liflerden, sentetik liflerden veya cam elyaftan meydana gelebilmektedir ve ayrıca diatomik toprak, aktif karbon, perlit kili ve diğer toz katkı maddelerini içerebilmektedir. Çırpıcı eklemeli reçineler (beater addition resin) katılarak yaş sermede yüksek mukavemet değerlerine ulaşmak amaçlanmaktadır. Bu içerikler, özellikle deneyler sırasında safsızlığı etkilememek amacıyla belirli sınırlar aralığında tutulmaktadır. Baz kağıt olarak isimlendirilmiş yaş serilmiş filtre elemanları genellikle sıvı filtrelemede kullanılmaktadır. Reçine ile işlenmiş filtre ortamında lif kompozisyonu; gözenek boyutu, geçirgenlik ve hacim gibi filtrasyon özelliklerini sağlayacak şekilde seçilirken reçineler; mukavemet, stabilite ve işlenebilirliği sağlayacak şekilde seçilmektedir. [17].



Resim 1.11. Şekil verilmekte olan bir filtre kağıdı

Resim 1.11, imalat sürecinde şekil verilmekte olan bir filtre kağıdına örnektir.

Otomotiv endüstrisinde kullanılan yakıt filtrelerinin büyük bölümü fenolik filtre ortamı içermektedir. Fenolik yapı, su bazlı yapıya göre daha iyi filtreleme ortamı oluşmasına katkı sağlamaktadır. Solvent bazlı fenol formaldehit içerikli filtre ortamı, su bazlı filtre ortamına göre bazı üstün özelliklere sahiptir. Alkol solvent, su bazlı filtre ortamında olduğu gibi liflerin şişmesine ve gözeneklerin sıkışmasına sebep olmadığı için daha uygun bulunmaktadır. Nem direnci, yaklaşık 150 °C'ye kadar sıcaklık direnci ve kimyasallara karşı aşınma direnci sağlamak amacıyla kürlenme işlemi uygulanmaktadır. Solvent, formaldehit ve fenol içeren uçucu organik bileşiklerin çevreye vereceği zarar ise fenolik ortamın en büyük dezavantajı olmaktadır. Bu sebepten ötürü solvent bazlı fenol formaldehit bazlı kağıt üreticileri hükümetler tarafından çeşitli kısıtlamalara tabi tutulmaktadır. [17].

Reçine ile işlenmiş filtre malzemesi çoğunlukla oluklu yapıda üretilmektedir. Bu ortamın oluk derinliği 0,2 ila 0,5 mm arasında değişebilmektedir. Oluklar, kıvrımların arasında akış kanallarının oluşmasını sağlayarak filtreleme işleminde tüm filtre yüzeyinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Buna göre oluklu yapının filtre malzemesine kattığı özellikler şu şekilde sıralanabilmektedir [11]:

- Verimli filtreleme için yüzey alanını artırmaktadır.
- Pileli yapıda bulunan kıvrımlar arasında ayırıcı görevi üstlenmektedir.
- Kıvrımların sık olduğu filtrelerde kıvrımlar arasında akış kanalları oluşmasını sağlamaktadır.
- Pileli yapının basınç direncinin en düşük olduğu yön olan makine akış yönünde yapıya ekstra sertlik sağlamaktadır.

Sıvı akışkandan sıvı partikülleri ayırmak amacıyla birleştirme filtreleri kullanılmaktadır. Özellikle otomotivde yakıt boru hattı akışlarında nemin giderilmesi ve dizel yakıt filtrasyonu için bu filtre ortamı büyük önem arz etmektedir. Birleştirme teorisi; sıvı partiküllerin yakalanmasında doğrudan tutma, atalet etkisi veya difüzyon etkisini kapsayan filtrasyon teorisiyle paralel olarak gerçekleşmektedir. Lif üzerinde toplanan damlacıklar sürtünme, viskoz veya yerçekimi kuvvetleri ile yüzeyden kopacak büyüklüğe gelmekte ve dibe çökerek ayrılmaktadır. [17].

Kompozit filtre ortamı, aşağıda belirtilen farklı amaçlara hizmet eden birkaç katmandan oluşmaktadır [17].

- Çok sayıda katman sayesinde diğer filtreleme katmanları için mekanik destek sağlanmaktadır.
- Gözenek büyüklüklerindeki değişiklikler sayesinde kademeli filtreleme sağlanmış olunmaktadır.
- Farklı filtrasyon teknolojileri tek bir filtre ortamında birleştirilebilmektedir.
- Dış katmanlar, iç katmanlar için bir koruyucu görevi üstlenmektedir.

Filtre seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken çokça parametre bulunmaktadır. Filtrelenen sıvının sıcaklığı, viskozitesi, aşındırıcılığı, akışkanda bulunabilecek kirleticilerin parçacık boyutu ve yoğunluğu ve filtrenin performans değerleri (filtrasyon verimliliği, ömrü, akış direnci, boyutu...) büyük önem arz etmektedir.

Filtreleme işlemi için kullanılan filtre ortamında, kullanım amacı ve istenilen özelliklere bağlı olarak çeşitli hammaddeler kullanılmaktadır. Nonwoven filtre ortamlarında kullanılan hammaddeler ise polimerler, lifler, bağlayıcılar ve katkı maddeleri olabilmektedir. Bu malzemeler genellikle performans, şekil verilebilirlik, yırtılma direnci, esneklik, mukavemet, kalınlık, ağırlık, kimyasal direnç ve maliyet gibi parametreler göz önünde bulundurularak seçilmekte ve miktarları belirlenmektedir [17].

Polimer malzemeler, dokusuz ağlardaki liflerde ve birleştirme, kaplama ve benzer işlevleri yerine getirmek amacıyla kullanılan reçine ve katkı maddelerinde kullanılmaktadır [11]. Odun özü, pamuk ve diğer bitkisel doğal lifler, doğal bir polimer olan selülozdan meydana gelmektedir. Selülozik filtre ortamı, silikon bazlı bir malzeme ile işlenerek suyun etkin bir şekilde ayrılması sağlanabilmektedir [11].

Nonwoven filtre ortamlarında kullanılan lifler, filtre ortamının özelliklerine, üretim yöntemine ve uygulamaya bağlı olarak seçilmektedir [11].

Filtreleme ortamının tasarımında genel amaç filtre ortamının hacmini ve geçirgenliğini maksimum seviyede tutarken gözenek boyutunu en aza indirmektir. Büyük çaplı lifler hacim ve geçirgenliği artırırken, küçük çaplı lifler, yüksek yüzey yoğunluğu sağladığı için gözenek boyutunu küçültmeye ve filtreleme verimi sağlamaya olanak tanımaktadır. Bazı filtrasyon teorilerine göre lif çapı, filtreleme özelliklerini etkileyen önemli bir parametre olarak ifade edilmektedir. Peart and Ludwig teorilerine göre filtreleme ortamında bulunan liflerin ve gözeneklerin sayısının lif çapıyla doğrudan bağlantılı denklemlerle hesaplanması mümkündür. [11].

Filtre ortamının ham maddelerinden biri olan liflerin uzunluğu da ayırt edici bir özelliktir. Bu uzunluk değerleri, dolaşma, topaklanma ve form bozukluğuna sebep olma eğilimine göre belirlenmektedir. Sık kullanılan bazı filtre kağıt türlerinde bulunan yaklaşık lif uzunlukları;

- Havada serilmiş: 12 mm
- Kuru serilmiş: 12 cm
- Spunbond: sürekli

- Meltblown: sürekli
- Yaş serilmiş: 40 mm şeklinde ifade edilebilmektedir. [17]

Lif uzunluğunun artmasıyla filtre kağıdında bulunan ağların da esnekliklerine paralel olarak gerilme ve yırtılma mukavemetleri artmaktadır [11].

Nonwoven filtre ortamının kalitesini ve performansını etkileyen bir diğer özellik ise en boy oranıdır. En boy oranı, lif uzunluğunun lif çapına oranını ifade etmektedir [17].

Broughton ve Brady, filtre ortamı için, sahip olduğu liflerin nem içeriğinin önemli bir parametre olduğunu ileri sürmektedir. Selülozik bir lifin emebileceği nem miktarı, liflerin bağlanma yöntemi olan hidrojen bağıyla belirlenmektedir. Polimerin emdiği nem miktarı, hidrojen bağlarının sayısı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Nem emilimi daha çok, liflerin amorf bölgelerinde meydana geldiği için kristallliği fazla olan liflerde nem oranı daha az olabilmektedir. Broughton ve Brady, polimerde bulunan her 2 karbon için en az 1 hidrojen bağlama kapasitesi olan amorf bir lifin, ağırlığının yaklaşık %12'si kadar nem emebileceğini ifade etmektedir. Bunun sonucunda ise nemi hapseden lif şişerek gözeneklerin kapanmasına ve buna bağlı olarak akış direncine ve filtreleme veriminin azalmasına sebep olabilmektedir. Lif içerisinde kalan nemin bir kısmı, buharlaştırma veya kurutma ile giderilebilmektedir. Bir lifin sahip olduğu nemin, ortamın sıcaklığı ve bağlı nemine bağlı olarak dengede olması gerekmektedir. [12]

Cam geçiş sıcaklığı, polimer (yarı kristalize katılar) liflerinin sert ve kırılman amorf bölgelerinin daha elastik yapıya geldiği sıcaklık olarak ifade edilmektedir. Filtreleme performansı için önemli bir özelliktir [19].

Lif mukavemetinin fazla olması, ağ yapısının da daha mukavim olacağı anlamına gelmemektedir. Liflerin bağlanma şekilleri de ağ mukavemetini etkileyen bir faktördür [11].

Dokusuz filtre ortamlarında kullanılan reçineler; su bazlı lateks sıvı çözeltileri, solvent bazlı ve su bazlı çözeltiler olarak üç grupta toplanmaktadır. Filtre ortamının rijitliğini, esneme ve yırtılma direncini, işlenebilirliğini, sıcaklık direncini, kimyasal ve çevresel etkilere karşı direncini ve dayanıklılığını iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Kullanılacağı yere göre

reçineden beklenen bazı özellikler bulunmaktadır. İşlenebilirliğini kolaylaştırmak amacıyla termoplastik reçineler tercih edilebilirken gözenek boyunca oluşabilen ve akışkan geçişine engel olan film oluşturan reçineler filtre ortamı için tercih edilmemektedir [10].

Bir filtre kağıdı, üretim sürecinde birçok aşamadan geçmektedir. Üretim sürecinde bir filtre kağıdına uygulanan basamaklar şu şekilde listelenebilmektedir [10]:

Öngörü ve simülasyon yöntemleri

- Bilgisayar ortamında tasarım
- Modelleme
- Akışkanlar mekaniği
- Yapısal analiz
- Isı analizi

Yapısal analiz yöntemleri

- SAE, ISO ve NFPA standartlarına uygunluk
- Patlama testi
- Çökme testi
- Ani basınç darbesi ve yorgunluk testi

Çevresel Testler

- Nem kontrolü ve sıcak veya soğukta çalışabilirlik testi

Akış testi yöntemleri

- Statik ve dinamik akış özelliklerinin ve sınırların ölçümü
- Değişken akış ve sıcaklık değerlerinde sınırların ölçümü
- Sistem simülasyonu

Filtre dayanıklılık testleri

- SAE ve ISO standartlarına uygun filtreleme performans testi
- İmalat bütünlüğü testi
- Tuz püskürtme ve termal döngü testi
- Basınç yorulma testi
- Akış yorulma testi
- Hidrostatik patlama testi
- Titreşim testleri
- Gravimetrik analiz

Filtrasyon performans testleri

- ISO, SAE ve NFPA standart testleri
- Müşteri standartları
- Partikül veya su gibi kirleticileri uzaklaştırma verimliliği testi
- Kirletici kapasitesi testi

Tüm bu testlerin yapılmasıyla, dizel motorların en büyük düşmanları su ve kirleticiler yakıttan ayrıştırılarak sistemin sorunsuz çalışmasına yardımcı olunmakla birlikte yakıt pompaları ve enjektörler de korunmaktadır [10].

Bu çalışmada, selülozik, meltblown ve krep olarak isimlendirilen filtre kağıtları üzerinde gözenek çapı, kalınlık, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve partikül bazında verimlilik deneyleri yapılmış ve deneylerin sonuçları 4. bölümde anlatılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Filtrasyon fikri, tarihin erken dönemlerinde temiz su arayışıyla ortaya atılmıştır. M.Ö. 480 yılında ünlü doktor Hipokrat, hastalarına verdiği suyu temiz hale getirmek amacıyla 'Hippocrates' Sleeve' olarak adlandırılan bir bez parçasını filtreleme işi için kullanmıştır [20].

Daha sonra ilk yüzyılda Romalı madencilerin kendilerini zararlı tozlardan korumak amacıyla hayvan mesanelerinde bulunan gözenekli deriyi kullanarak hava filtrelemesinin ilk kullanım örneklerinden birini gerçekleştirdiği ifade edilmektedir [20].

1900'lü yılların ilk çeyreği bitmeden, Nobel ödüllü kimyager Richard Zsigmondy, ilk membran filtre ve ultra ince membran filtreyi icat etmiştir [21].

20. yüzyılın başlarında, kaynamış kahvenin acı tadının giderilmesi amacıyla ilk kahve filtresi Melitta Bentz tarafından icat edilmiştir [22].

1940'lı yıllarda, Manhattan Projesi'nin bir parçası olarak ABD ordusu tarafından, yüksek verimli hava filtreleri olan HEPA filtreler geliştirilmiştir. 1965 yılında, yüksek termal, kimyasal ve mekanik stabilite sağlayan polisülfon membranlar geliştirilmiştir [23].

1980 yılından itibaren, özellikle hava kirliliğini azaltmak amacıyla dizel partikül filtreleri geliştirilmiş ve karayolu taşıtlarında kullanılmaya başlanmıştır. İlerleyen yıllarda DPF kullanımının zorunlu hale getirilmesi için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [24].

21. yüzyılın başından itibaren, giderek daha zorlaştırıcı bir hal alan mevzuatlar, yükselen petrol fiyatları, çevre duyarlılığının artması ve bunlar gibi sebeplerle motor tasarımları ve mevcut yakıt türlerinde önemli değişiklikler yaşanmıştır. Çevreci ve sürdürülebilir yakıt arayışları, yakıt filtreleme biçimlerinin de zorunlu değişimini beraberinde getirmiştir ve getirmeye devam edecektir. Dizel motorlu araçlar için zorunlu hale gelen sıkı emisyon gereksinimleri nedeniyle yakıt enjeksiyon elemanlarının kirleticilere karşı hassasiyetinin artması, konu hakkında bilimsel araştırma ve çalışmaların gerekliliğini artırmıştır. Yakıt içinde su bulunması, motor elemanlarının malzemelerinin aşınmasına ve mikrobiyolojik

büyümeye sebebiyet vereceği için 2005 yılında Avrupa Birliği tarafından düzenlenen EN590 dizel spesifikasyonu ile bulunabilecek su miktarı sınırlandırılmıştır [25].

Paolo Baracchi ve diğerleri, mikro ağlar sayesinde suyun filtrede tutulmasını sağlayacak çalışmalarda bulunarak filtrasyon sektörüne katkı sağlamışlardır [26].

Agustin Lara ve Alicia Lara, 2006 yılında yaptıkları çalışmada, yakıt deposundaki yakıtın sökülmeden filtrelenmesi ve temizlenmesi amacıyla bir sistem tasarımı yapmışlardır [27].

Araçlarda kullanılan dizel yakıt filtrelerinin kullanım ömrünü artırmak için hangi yöntemlerin uygulanabileceğini araştıran bazı bilimsel çalışma ve araştırmalar yapılmıştır, yapılmaya devam edilmektedir. Christophe Lambert, 2004 yılında yaptığı bir çalışmada, selüloz, sentetik lifler, mikro lifler ve fenolik reçineden oluşan kompozit filtre ortamının uygulanmasıyla birlikte bir araçta kullanılan yakıt filtresi ömrünün üç katına kadar artabileceğini ifade etmektedir. Aynı doğrultuda yüksek verim ve iyi toz tutma kapasitesi sağlamak amacıyla bu araştırmacının da bulunduğu Sogefi şirketi, çok kapalı bir selüloz tabakası ve ön filtre görevi gören çok açık bir sentetik tabakadan oluşan iki tabakalı bir ortam geliştirmiştir. Bu katmanlı yapı önce EN590 normal koşulları sağlayan dizel yakıt kullanan araçlar için geliştirilmiş, daha sonra zorlu koşullar altında çalışan dizel yakıtlı motorların kullanımına olanak tanıyacak şekilde güncellenerek ISO TS 13353 (2002) ve ISO DIS 19438 standartlarına uygun testleri de yapılmıştır. Ayrıca Sogefi, partikül tutma kapasitesini artırmak amacıyla 'Chevron' plise teknolojisi kullanarak düz pliseye göre %20 artırmayı hedeflemiştir [16].

Binlerce yıl öncesinde, doğada bulunan malzemelerle doğrudan elde edilen filtreler, günümüzde teknolojinin gelişmesiyle büyük bir sektörün ürünü haline gelmiştir.

Filtrasyon çalışmalarının tüm endüstriyel uygulamalarda kullanılabildiği düşünüldüğünde; özellikle dizel motorların yakıt filtreleri ve yakıt filtre kağıtları konusunda daha fazla çalışma yapılması ve literatürün geliştirilmesi son yıllarda araştırmacıların üzerinde çalıştığı başlıca konulardan biridir.

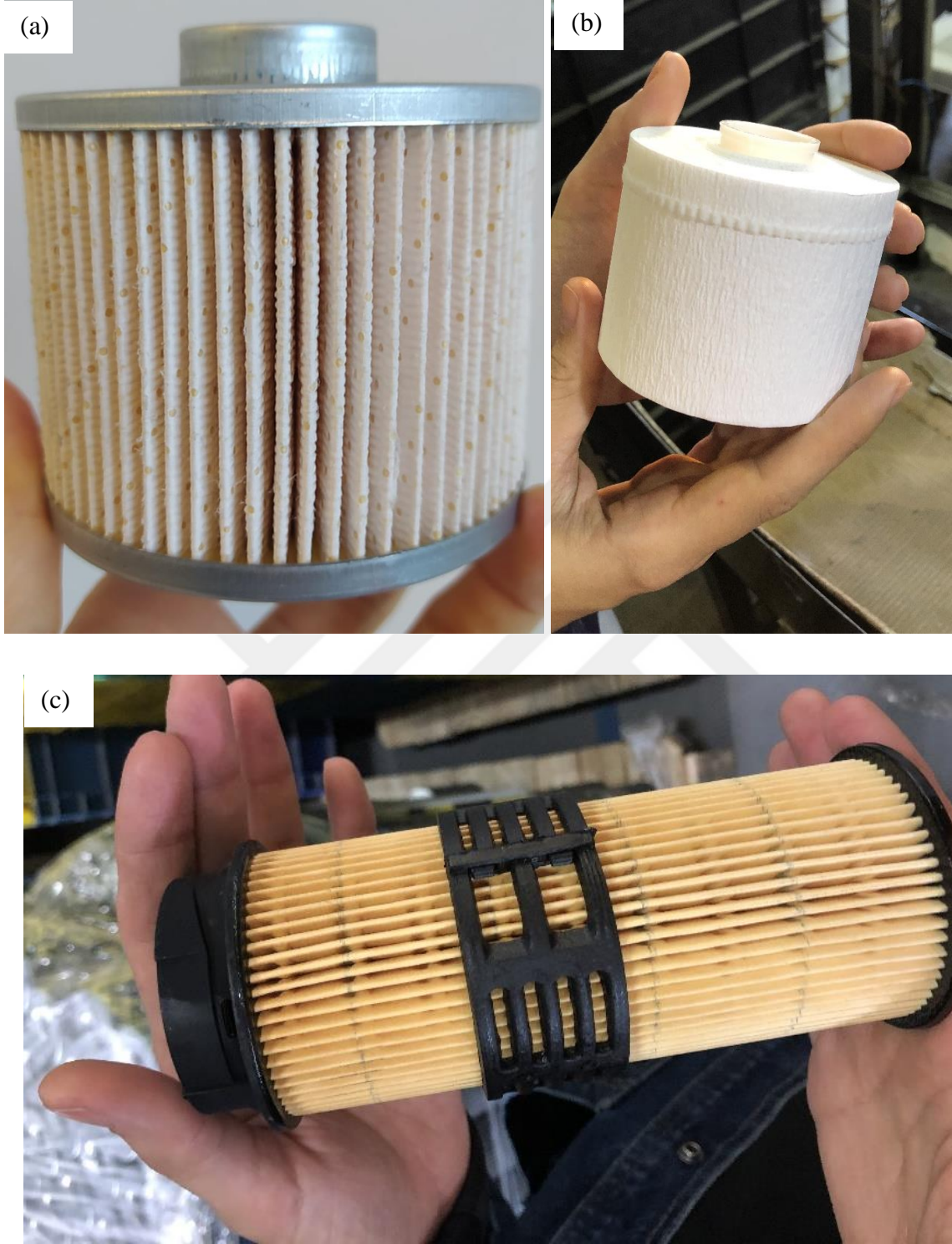
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Deneyleerde 3 farklı özelliikte yakıt filtre kağıdı kullanılmıştır. Bu kağıtlar meltblown (MB001), krep (KR001) ve selülozik (SEL001) kağıt olarak farklı yapı ve özelliikte seçilmiştir. Bu kağıtların seçiminde en önemli parametre, seçilen 3 filtre kağıdının piyasada yaygın olarak kullanılıyor olmasıdır. Filtre kağıtlarının temel özellikleri Çizelge 3.1’de gösterilmektedir. Kullanılan kağıtların görselleri, Resim 3.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Deneye tabi tutulan filtre kağıtlarının üretici tarafından beyan edilen özellikleri

Kağıt Kodu / Özellikler	MB001	KR001	SEL001
Ağırlık (g/m ²)	325	90	137
Kalınlık (µm)	770	450	480
Reçine İçeriği (%)	10	-	17
Patlama Direnci (kPa)	700	200	150
Hava Geçirgenliği (L/m ² s) (2 mBar/20 cm ²)	5.0	-	50
Bubble Noktası (mBar)	65	24	-
Maksimum Gözenek Boyutu (µm)	14	40	38



Resim 3.1. (a) Meltblown Kağıt, (b) Krep Kağıt, (c) Selülozik Kağıt

3.2. Metod

Dizel yakıt filtrelerinde kullanılan, farklı yapı ve özelliklerde seçilen 3 çeşit filtre kağıdı, çeşitli testlere tabi tutularak sonuçları mukayeseli olarak değerlendirilmiştir.

Her bir kağıt için uygulanan testler, bu bölümde izah edilmiştir. Kağıdın birim ağırlığı hassas terazi ile ve kalınlığı kumpas veya mikrometre ile ölçülmektedir.

Bir filtre kağıdına uygulanan en temel test, fonksiyon bütünlüğünün doğrulanması testidir. Yakıt filtrelerinden, kullanım yerine bağlı değişkenlik göstermekle birlikte, ortalama 4 µm boyutunda partikülleri süzmesi beklenmektedir. Fakat gözeneklerin çok dar olması, basınç farkını artırarak yakıtın geçişine engel olmakta, bu da filtre ömrünü azaltmaktadır.

3.2.1. Kabarcık noktası testi

Kabarcık noktası testi, gaz basıncı altında, izopropil alkolle ıslatılmış bir filtre ortamının akış yönünde sürekli bir kabarcık akışının görüldüğü basıncı belirlemek için tasarlanmış bir test olarak ifade edilebilmektedir. Bu testin gerçekleştirilebilmesi için filtre ortamının içerisindeki tüm boşluklar dolacak şekilde eşit olarak ıslatılması gerekmektedir. Membranın bir tarafına gaz basıncı uygulandığında test gazı, gazın sıvı içindeki çözünürlüğü sebebiyle bir miktar çözünmektedir. Filtrenin akış yönünde basınç daha düşükken ters yönde gaz basıncı arttıkça, havanın toplu akışı için bir yol oluşmakta ve sıvıyı dışarı atacak kadar büyük boyuta gelmektedir. Böylece test düzeneğinden çıkan kabarcık ile sürekli akışın başlangıç basıncına ulaşmakta ve bu nokta kabarcık noktası (bubble point) olarak adlandırılmaktadır (Scott Laboratories). Resim 3.2'de filtre kağıdı numunesinin izopropil alkolle ıslatılması gösterilmektedir.



Resim 3.2. Test numunesinin ıslatılması

3.2.2. Hava geçirgenliği testi

Hava geçirgenliği, yüzeyin iki tarafında basınç farkı olması halinde, havanın dokusuz yüzey lifleri arasından geçme kabiliyetini ifade etmektedir. Hava geçirgenliği, birim basınç farkı altında, birim zamanda birim alandan ortalama hava akış hızı demektir. Yakıt filtrelerinde hava geçirgenliği, filtrasyon işlemi sonrasında filtreden geçebilecek olan yakıtın miktarı ile ilgili referans veri oluşturmaktadır. Hava geçirgenliğinin belirlenmesi, TS 391 EN ISO 9237 standardı kapsamında, akredite kuruluşlar tarafından güvenilir bir şekilde yapılabilmektedir.

Resim 3.3'te, filtre kağıdının kabarcık noktasının, maksimum gözenek boyutunun ve hava geçirgenliğinin tespit edildiği düzenek gösterilmektedir.

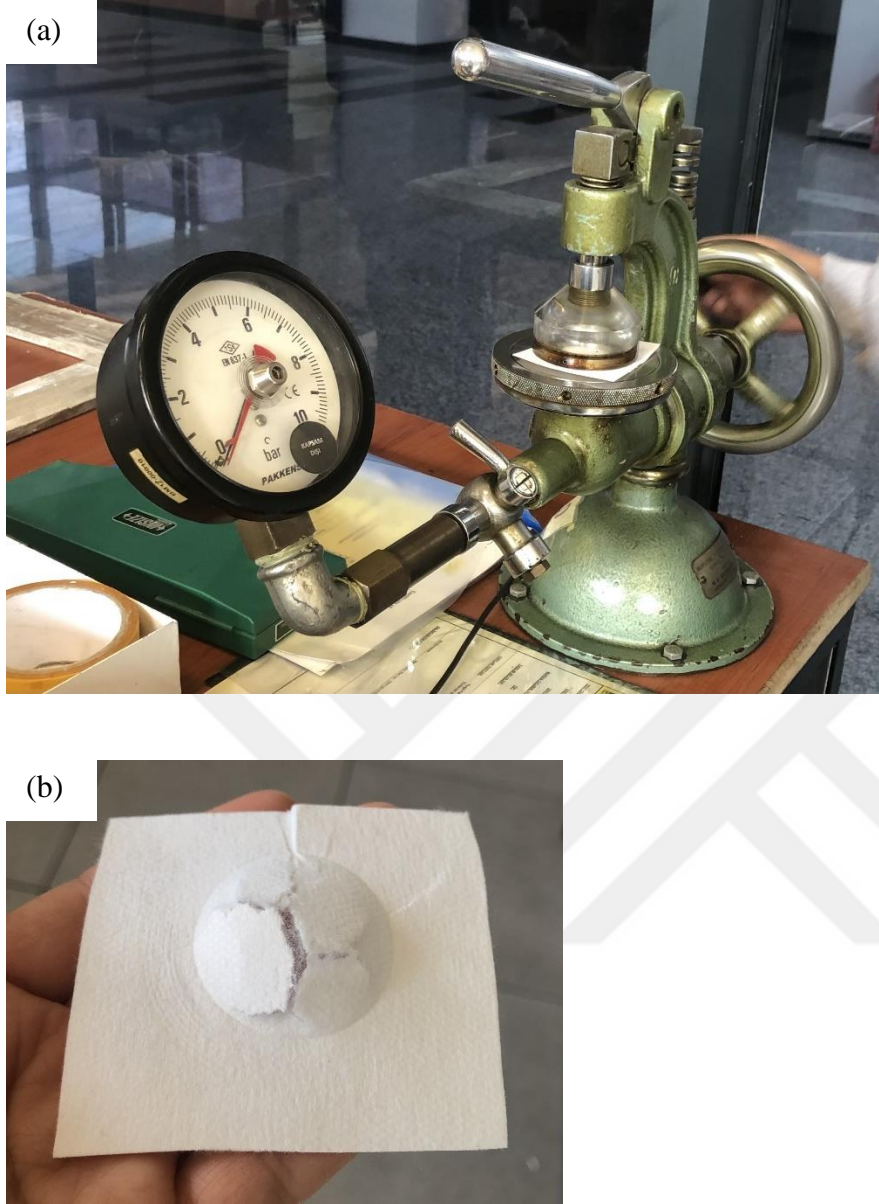


Resim 3.3. Membranın kabarcık noktasının, maksimum gözenek boyutunun ve hava geçirgenliğinin tespit edilmesi

3.2.3. Patlama mukavemeti testi

Patlama mukavemeti testi, filtre kağıdının kalitesini, dayanıklılığını ve performansını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu test sonucunda, filtre ortamının yırtılmasına sebep olacak en küçük basınç değeri elde edilmektedir. Patlama direncine en büyük etkiyi yapan parametrelerin; kağıdın lif içeriği miktarı ve yoğunluğu, içerdiği liflerin cinsi, üretim yöntemi, çırpma ve inceltme derecesi ve katkı maddelerinin türü ve miktarı olduğu söylenebilmektedir. [17]

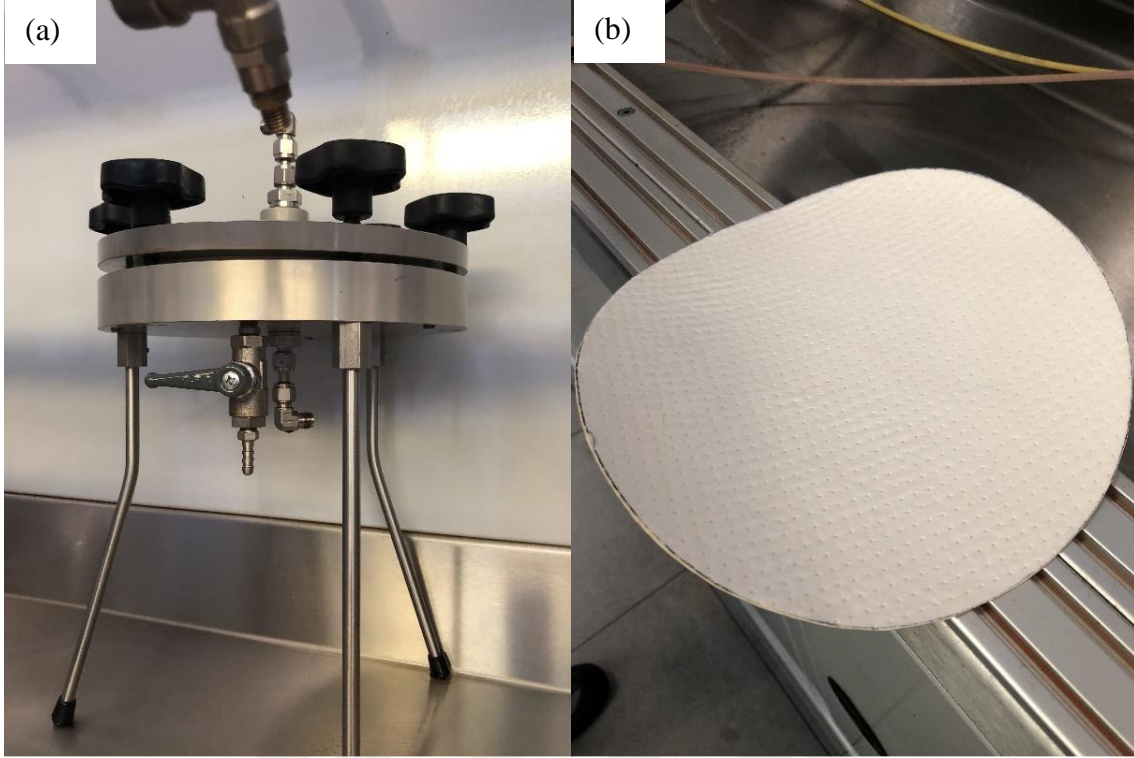
Resim 3.4'te, patlama mukavemeti test düzeneği ve patlamış bir deney numunesi örneği gösterilmektedir.



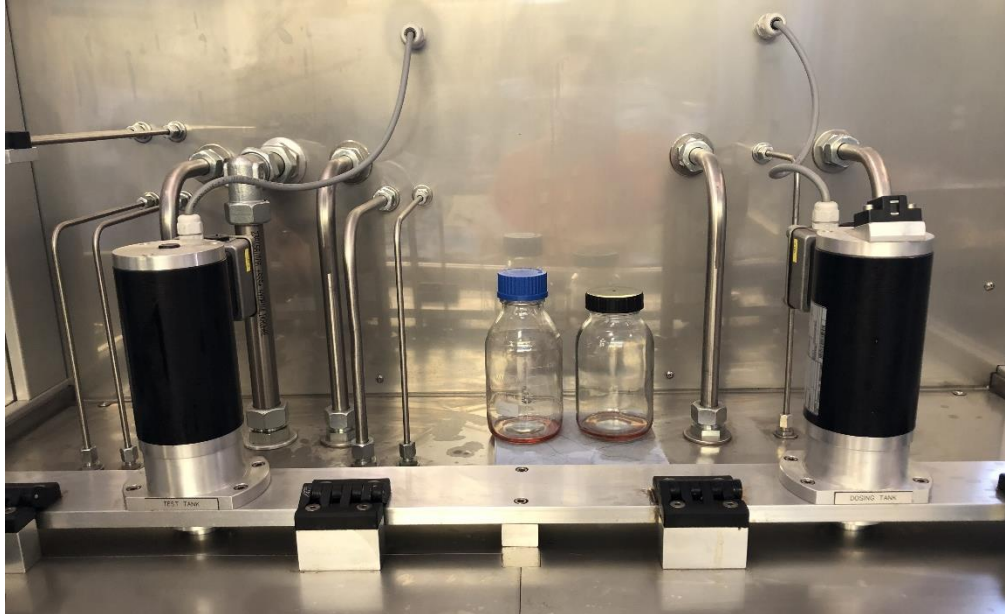
Resim 3.4. (a) Patlama mukavemeti testi, (b) Patlamış kağıt görünümü

3.2.4. Multipass testi

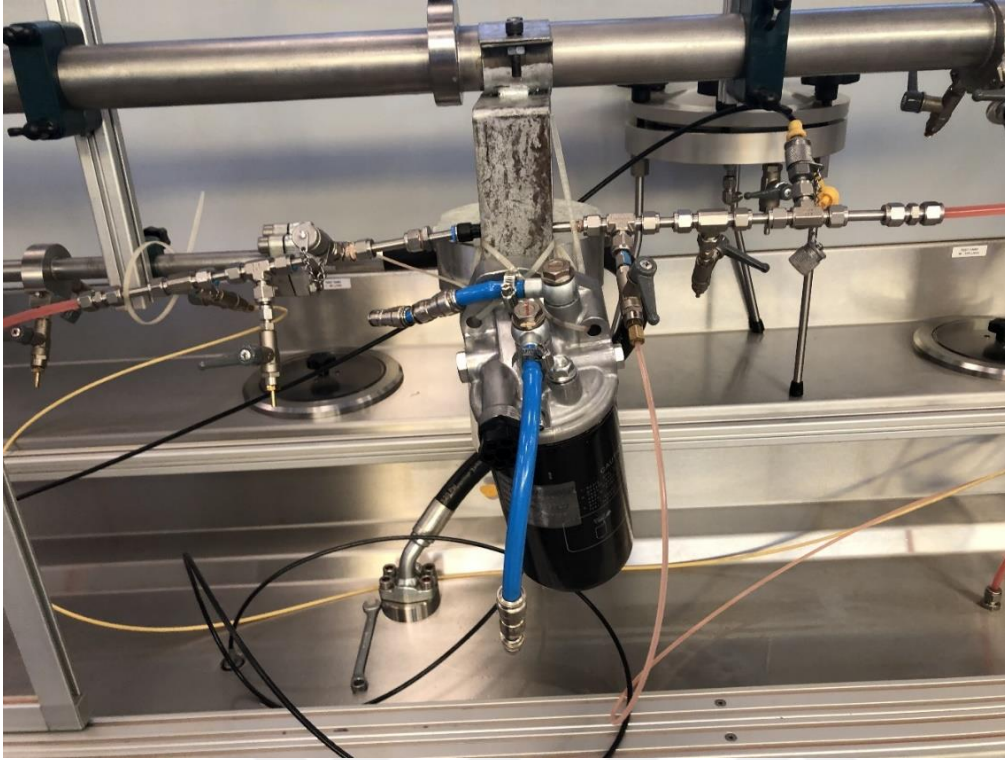
Partikül bazında verimlilik testi Multipass adı verilen bir test düzeneğinde gerçekleştirilmektedir. Test sıvısı filtre ortamından defalarca geçtiği için düzenek çoklu geçiş olarak adlandırılmaktadır. Test öncesinde A1, A2 ve A3 tozları, atmosfer koşullarındaki nemlerinin giderilmesi amacıyla 140°C sıcaklıkta en az 30 dakika fırında bekletilmektedir. Test başlangıcında sıvı tankının temizliğinden emin olunmakta, daha sonra temizlik filtreleri kullanılarak akış başlatılmaktadır. Resim 3.5'te test cihazına yerleştirilen filtre kağıdı numunesi ve yerleştirildiği yuva gösterilmektedir.



Resim 3.5. (a) Multipass test cihazı numune yuvası, (b) Numune ölçüsünde kesilmiş kağıt
Cihazda önce kağıdın testleri yapılmakta ve uygun bulunan ve onaylanan kağıtları filtre haline geldikten sonra filtre testleri yapılmaktadır.



Resim 3.6. Multipass test cihazı tanklar



Resim 3.7. Multipass test cihazına bağlanmış yakıt filtresi

Resim 3.6'da, test düzeneğinde bulunan test sıvısı ve dozaj tankı gösterilirken; Resim 3.7'de, filtre testi için bağlanmış olan yakıt filtresi gösterilmektedir.

Partiküllerin birbirine yapışmaması istendiği için tankın statik yükü ölçülmektedir. Yağın iletkenliği ölçüldükten sonra çıkan sonuç yüklü olduğu yönüdeyse, tanka anti statik madde eklenmektedir. Test başlatılmakta, 0. noktada 3 defa dozaj tankına doldur boşalt yapılmakta ve 4. defada numune alınmaktadır. Testin sonlandırma basıncının %80'ine ulaşıldığında, test tankından 2 defa doldur boşalt yapılmakta ve 3. defada numune alınmaktadır. Sonlandırma basıncına ulaşıldığı anda 3 defa dozaj tankına doldur boşalt yapılmakta ve 4. defada numune alınmaktadır. Numune alımı sırasında dozaj tankı, test tankına göre daha tozlu olduğundan dozaj tankında 3, test tankında 2 defa doldur boşalt işlemi yapılmaktadır. Elde edilen numune şişeleri tartılmakta ve tozların dibe çökmüş olma ihtimaline karşı çalkalanmaktadır.



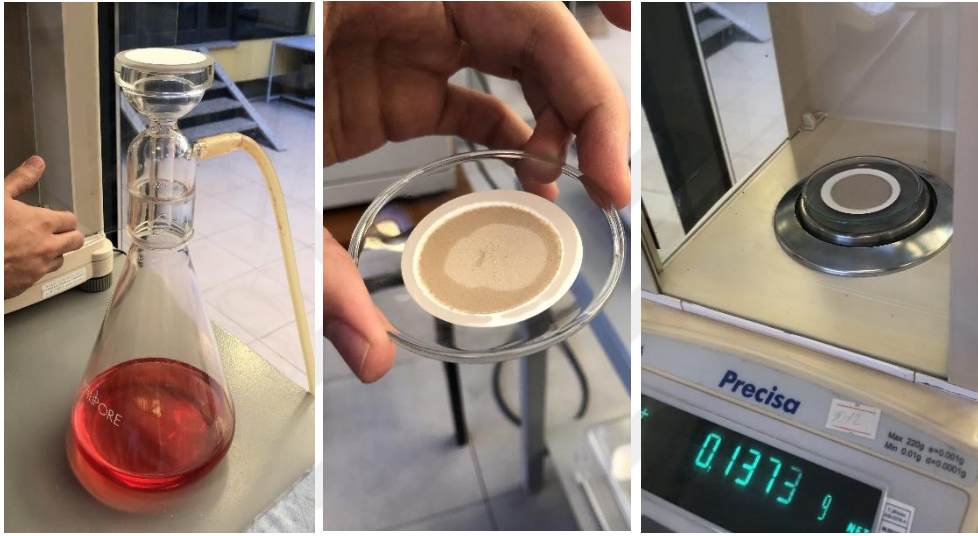
Resim 3.8. Tanklardan alınan numunenin tartılması

Fırından alınan membran tartılmakta (Resim 3.8) ve dikkatlice tüpe yerleştirilmektedir. 200 mL numune sıvısının yaklaşık yarısının üzerine bu miktarın %50'si kadar test inceltme sıvısı (petrol eteri) eklenmekte ve vakum pompası yardımıyla akış başlatılmaktadır.



Resim 3.9. Tanklardan alınan numune sıvı ve incelticinin membran üzerinden akıtılması

Resim 3.9’da gösterildiği gibi test numunesi dibe yavaşça çökerken, inceltme sıvısı hızlı bir şekilde akmaktadır. Sıvının tamamı aktıktan sonra membran üzerindeki tozlar dökülmeyecek şekilde yavaşça alınmakta ve etüv adı verilen fırına yerleştirilip numunenin tozluluk durumuna göre bir süre bekletilmektedir (Resim 3.10). Daha sonra tekrar ağırlığı ölçülmekte ve not edilmektedir. Bu işlem numune sıvısının diğer yarısına ve diğer iki numune sıvısına da aynı şekilde uygulanmakta ve çıkan sonuçlar analiz edilmektedir. Tüm bu işlemler gravimetrik analiz esasına göre yürütülmektedir.



Resim 3.10. Membran üzerinde kalan partiküllerin ağırlığının ölçülmesi

Gravimetrik analiz, ölçülmek istenen maddenin çözelti içinden çöktürülerek ağırlığının ölçülmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Membranın hareket ettirilmesi sırasında yatay pozisyonunu bozmak toz kaybına neden olabileceği için dikkatli olunması gerekmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Meltblown Filtre Kağıdı

MB001 olarak adlandırılan meltblown yakıt filtresi kağıdı Multipass Testi için giriş parametreleri, Çizelge 4.1 'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Meltblown filtre kağıdı Multipass Testi girdileri

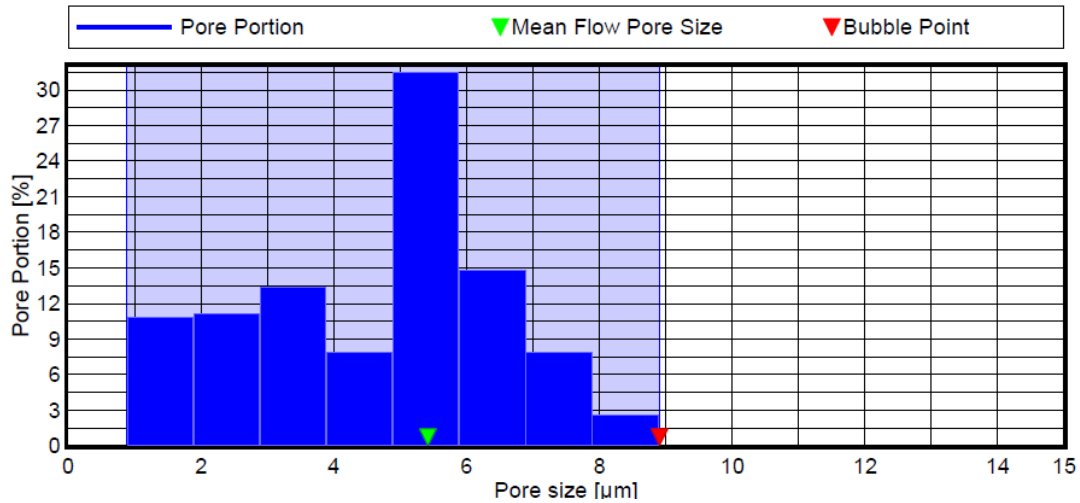
Test Sıvısı	İsopropanol
Yüzey Gerilmesi	22,3 mN/m
Kesit Alanı	2,01 cm ²
Capillary constant	39,00

Meltblown filtre kağıdı Multipass Testi sonuç verileri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Initial verim, cihazın 10 dakikada bir ölçtüğü verim değerini ifade etmektedir. Max. Verim ifadesi, en az belirtilen çapta en fazla süzülen partikül miktarı ile ilgili bilgi verirken, Min. Verim ise en az belirtilen çapta en az süzülen partikül miktarı ile ilgili bilgi vermektedir.

Çizelge 4.2. Meltblown filtre kağıdı partikül bazında verim değerleri

Partikül Boyutu	> 1,5 µm (c)	> 1,7 µm (c)	> 2 µm (c)	> 2,5 µm (c)
Initial Verim (%)	61,25	67,5	75,64	84,59
Max. Verim (%)	98,73	99	99,28	99,51
Min. Verim (%)	59,76	66,13	74,46	83,49
Ort. Verim (%)	89,31	91,14	93,44	95,88
Partikül Boyutu	> 3 µm (c)	> 3,5 µm (c)	> 4 µm (c)	> 5 µm (c)
Initial Verim (%)	89,61	93,78	96,08	98,32
Max. Verim (%)	99,61	99,69	99,75	99,81
Min. Verim (%)	88,55	92,87	95,38	97,95
Ort. Verim (%)	97,23	98,27	98,84	99,41
Partikül Boyutu	> 6 µm (c)	> 7 µm (c)	> 8 µm (c)	> 10 µm (c)
Initial Verim (%)	99,14	99,5	99,68	99,74
Max. Verim (%)	99,84	99,87	99,88	99,91
Min. Verim (%)	99,02	99,46	99,66	99,72
Ort. Verim (%)	99,66	99,77	99,83	99,87
Partikül Boyutu	> 12 µm (c)	> 14 µm (c)	> 21 µm (c)	> 25 µm (c)
Initial Verim (%)	99,73	99,8	99,76	99,66
Max. Verim (%)	99,94	99,94	99,92	99,92
Min. Verim (%)	99,73	99,79	99,68	99,66
Ort. Verim (%)	99,87	99,87	99,86	99,86

Verilen çizelgede partikül bazında verim değerleri gösterilmektedir. 25 µm üzerindeki çaplarda ortalama verim %100 kabul edildiği için çizelgede gösterilmemektedir. Şekil 4.1'de, kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu test sonuçları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu deneyi sonuç grafiği

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre gözenek çapı ve kabarcık noktası tespit edilmiş ve dizel yakıt filtresi için uygunluğu kontrol edilmiştir. Çizelge 4.3'te, incelenen diğer kağıt özellikleri listelenmektedir.

Çizelge 4.3. Test sonuçlarından elde edilen kağıt özellikleri

Kabarcık Noktası (Bubble Point)	8,9 µm (97,65 mbar)
Ortalama Akış Gözenek Boyutu (Mean Flow Pore Size)	5,4 µm (160,5 mbar)
Ortalama Gözenek Boyutu (Mean Pore Size)	4,9 µm
Median Gözenek Boyutu (Median Pore Size)	5,1 µm
Modal Gözenek Boyutu (Modal Pore Size)	5,4 µm
Standart Sapma	2,3 µm

Ölçülen tüm sonuçlar kaydedilmiş ve Çizelge 4.4'te listelendiği gibi beyan edilen verilerle karşılaştırılarak uygunlukları kontrol edilmiştir. Filtre haline getirilen kağıt, kullanım koşullarına göre tekrar testlere tabi tutulmaktadır.

Çizelge 4.4. Ölçülen değerlerin beyan edilen değerlerle karşılaştırılması

Özellikler	Spesifikasyonlar	Ölçülen Değerler
Birim Ağırlık (g/m ²)	300-340	322
Kalınlık (µm)	750-850	840
Patlama Direnci (kPa)	≥600	900-1000
Maksimum Gözenek Boyutu (µm)	10-15	12,8 (68 mbar)
Hava Geçirgenliği (L/m ² s)	≥5	-

4.2. Krep Filtre Kağıdı

KR001 olarak adlandırılan krep filtre kağıdı Multipass Testi için giriş parametreleri, Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Krep filtre kağıdı Multipass Testi girdileri

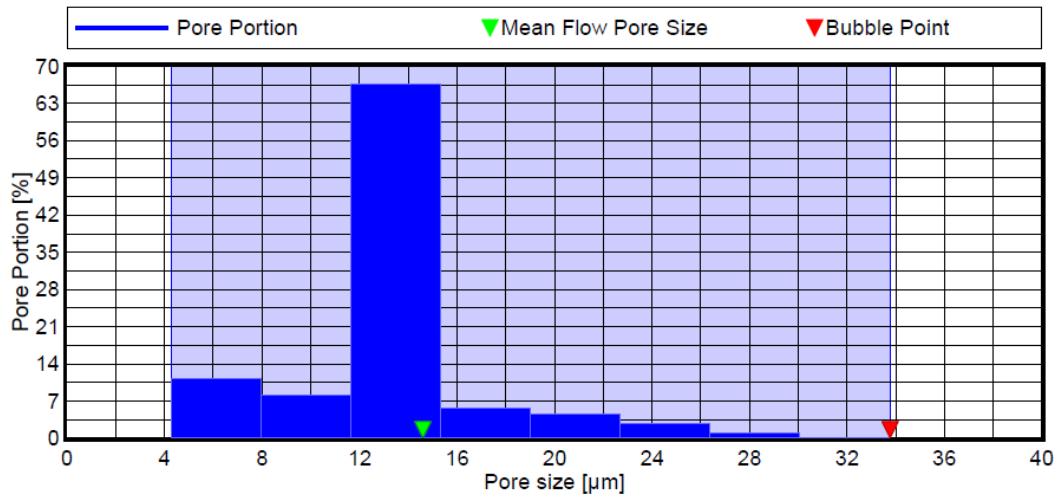
Test Sıvısı	İsopropanol
Yüzey Gerilmesi	22,3 mN/m
Kesit Alanı	4,15 cm ²
Capillary constant	39,00

Krep kağıt Multipass Testi sonuç verileri Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Initial verim, cihazın 10 dakikada bir ölçtüğü verim değerini ifade etmektedir. Max. Verim ifadesi, en az belirtilen çapta en fazla süzülen partikül miktarı ile ilgili bilgi verirken, Min. Verim ise en az belirtilen çapta en az süzülen partikül miktarı ile ilgili bilgi vermektir.

Çizelge 4.6. Krep kağıt partikül bazında verim değerleri

Partikül Boyutu	> 4 µm (c)	> 5 µm (c)	> 6 µm (c)	> 7 µm (c)	> 8 µm (c)
Initial Verim (%)	62,14	71,53	77,29	80,96	83,82
Max. Verim (%)	66,74	73,64	77,76	81,19	84,03
Min. Verim (%)	52,42	55,17	56	56,35	56,35
Ort. Verim (%)	57,32	61,01	62,62	63,87	63,87
Partikül Boyutu	> 9 µm (c)	> 10 µm (c)	> 11 µm (c)	> 12 µm (c)	> 13 µm (c)
Initial Verim (%)	85,49	87,23	88,49	89,48	90,02
Max. Verim (%)	85,74	87,18	88,23	89,09	89,94
Min. Verim (%)	55,2	55,3	56,28	56,92	56,09
Ort. Verim (%)	63,28	63,75	64,48	65,1	64,48
Partikül Boyutu	> 14 µm (c)	> 15 µm (c)	> 20 µm (c)	> 25 µm (c)	> 30 µm (c)
Initial Verim (%)	90,53	91,3	91,87	92,18	94,36
Max. Verim (%)	90,35	91,29	91,67	91,67	96,37
Min. Verim (%)	56,06	57,26	55,07	50,43	62,56
Ort. Verim (%)	64,57	65,66	63,74	60,13	70,31
Partikül Boyutu	> 35 µm (c)	> 40 µm (c)	> 45 µm (c)	> 50 µm (c)	> 55 µm (c)
Initial Verim (%)	96,39	98,52	96,95	93,71	88,81
Max. Verim (%)	97,68	100	100	100	100
Min. Verim (%)	65,99	66,14	67,26	65,51	62,79
Ort. Verim (%)	74,33	76,41	78,53	79,48	77,87
Partikül Boyutu	> 60 µm (c)	> 65 µm (c)	> 70 µm (c)		
Initial Verim (%)	79,9	49,71	-1,22		
Max. Verim (%)	100	93,44	100		
Min. Verim (%)	50,03	0,06	49,53		
Ort. Verim (%)	78,48	75,97	72,54		

Çizelge 4.6’da partikül bazında verim değerleri gösterilmektedir. 70 μm üzerindeki çaplarda ortalama verim %100 kabul edildiği için çizelgede gösterilmemektedir. Şekil 4.2’de, kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu test sonuçları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu deneyi sonuç grafiği

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre gözenek çapı ve kabarcık noktası tespit edilmiş ve dizel yakıt filtresi için uygunluğu kontrol edilmiştir. Çizelge 4.7’de, incelenen diğer kağıt özellikleri listelenmektedir.

Çizelge 4.7. Test sonuçlarından elde edilen kağıt özellikleri

Kabarcık Noktası (Bubble Point)	33,8 μm (25,75 mbar)
Ortalama Akış Gözenek Boyutu (Mean Flow Pore Size)	14,6 μm (59,55 mbar)
Ortalama Gözenek Boyutu (Mean Pore Size)	19 μm
Median Gözenek Boyutu (Median Pore Size)	13,3 μm
Modal Gözenek Boyutu (Modal Pore Size)	13,5 μm
Standart Sapma	8,4 μm

Ölçülen tüm sonuçlar kaydedilmiş ve Çizelge 4.8’de listelendiği gibi beyan edilen verilerle karşılaştırılarak uygunlukları kontrol edilmiştir. Filtre haline getirilen kağıt, kullanım koşullarına göre tekrar testlere tabi tutulmaktadır.

Çizelge 4.8. Ölçülen değerlerin beyan edilen değerlerle karşılaştırılması

Özellikler	Spesifikasyonlar	Ölçülen Değerler
Birim Ağırlık (g/m ²)	75-105	92
Kalınlık (µm)	380-480	440
Patlama Direnci (kPa)	≥150	200
Maksimum Gözenek Boyutu (µm)	31-36	36,3 (24 mbar)
Hava Geçirgenliği (L/m ² s)	≥40	31,3

4.3. Selülozik Filtre Kağıdı

SEL001 olarak adlandırılan selülozik filtre kağıdının Multipass Testi için giriş parametreleri, Çizelge 4.9 ‘da gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Selülozik filtre kağıdı Multipass Testi girdileri

Test Sıvısı	İsopropanol
Yüzey Gerilmesi	22,3 mN/m
Kesit Alanı	2,01 cm ²
Capillary constant	39,00

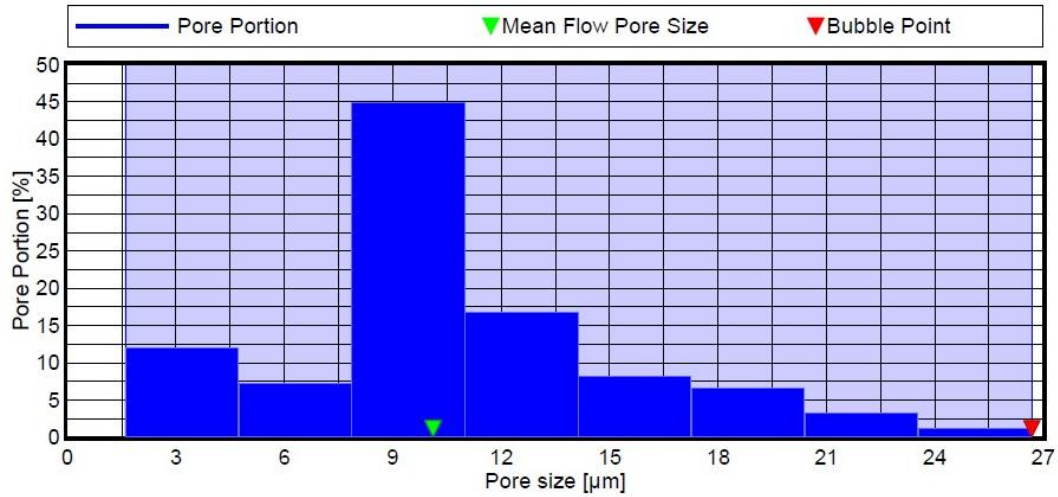
Selülozik kağıt Multipass Testi sonuç verileri Çizelge 4.10’da gösterilmektedir. Initial verim, cihazın 10 dakikada bir ölçtüğü verim değerini ifade etmektedir. Max. Verim ifadesi,

en az belirtilen çapta en fazla süzülen partikül miktarı ile ilgili bilgi verirken, Min. Verim ise en az belirtilen çapta en az süzülen partikül miktarı ile ilgili bilgi vermektedir.

Çizelge 4.10. Selülozik kağıt partikül bazında verim değerleri

Partikül Boyutu	> 4 µm (c)	> 6 µm (c)	> 8 µm (c)	> 10 µm (c)
Initial Verim (%)	49,1	64,1	73,9	80,2
Min. Verim (%)	48,5	62,3	70,8	76,1
Ort. Verim (%)	71,7	82,3	88,7	93
Partikül Boyutu	> 12 µm (c)	> 13 µm (c)	> 14 µm (c)	> 15 µm (c)
Initial Verim (%)	84	85,4	86,3	87,1
Min. Verim (%)	79,2	80,3	80,9	81,5
Ort. Verim (%)	96	96,8	97,4	98
Partikül Boyutu	> 17 µm (c)	> 20 µm (c)	> 25 µm (c)	> 30 µm (c)
Initial Verim (%)	87,6	89,1	90,1	92,7
Min. Verim (%)	81,7	82,5	83,1	88
Ort. Verim (%)	98,6	99,1	99,5	99,7
Partikül Boyutu	> 40 µm (c)	> 50 µm (c)	> 60 µm (c)	> 70 µm (c)
Initial Verim (%)	94,5	95	100	100
Min. Verim (%)	88,3	90	100	100
Ort. Verim (%)	99,8	99,9	100	100

Verilen çizelgede partikül bazında verim değerleri gösterilmektedir. 70 µm üzerindeki çaplarda ortalama verim %100 kabul edildiği için çizelgede gösterilmemektedir. Şekil 4.3'te, kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu test sonuçları grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Kabarcık noktası ve ortalama akış gözenek boyutu deneyi sonuç grafiği

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre gözenek çapı ve kabarcık noktası tespit edilmiş ve dizel yakıt filtresi için uygunluğu kontrol edilmiştir. Çizelge 4.11’de, incelenen diğer kağıt özellikleri listelenmektedir.

Çizelge 4.11. Test sonuçlarından elde edilen kağıt özellikleri

Kabarcık Noktası (Bubble Point)	26,7 µm (32,59 mbar)
Ortalama Akış Gözenek Boyutu (Mean Flow Pore Size)	10,1 µm (85,96 mbar)
Ortalama Gözenek Boyutu (Mean Pore Size)	14,1 µm
Median Gözenek Boyutu (Median Pore Size)	10,0 µm
Modal Gözenek Boyutu (Modal Pore Size)	9,4 µm
Standart Sapma	7,2 µm

Ölçülen tüm sonuçlar kaydedilmiş ve Çizelge 4.12’de listelendiği gibi beyan edilen verilerle karşılaştırılarak uygunlukları kontrol edilmiştir. Filtre haline getirilen kağıt, kullanım koşullarına göre tekrar testlere tabi tutulmaktadır.

Çizelge 4.12. Ölçülen değerlerin beyan edilen değerlerle karşılaştırılması

Özellikler	Spesifikasyonlar	Ölçülen Değerler
Birim Ağırlık (g/m ²)	120-155	137
Kalınlık (µm)	480±60	350
Patlama Direnci (kPa)	≥300	400-450
Maksimum Gözenek Boyutu (µm)	38±5	34,9 (25 mbar)
Hava Geçirgenliği (L/m ² s)	≥35	57,2

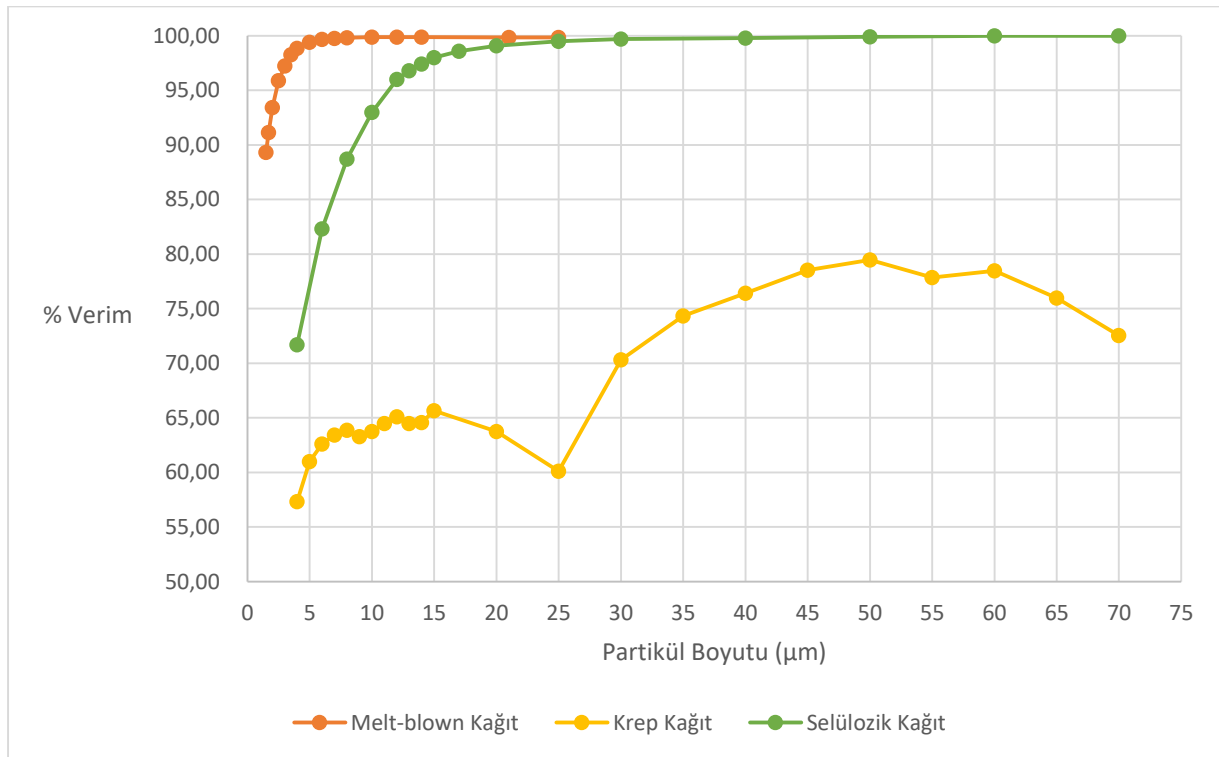
4.4. Test Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Optimizasyonu

Yapılmış olan deneylerin sonuçlarının karşılaştırılması ve optimizasyonu bu alt başlıkta verilmektedir. Yakıt filtre kağıtlarından beklenen özellikler aşağıda sıralanmış; deney sonuçlarından hepsinin filtre kağıdı olarak kullanılmasında avantaj ve dezavantajları optimize edilerek Şekil 4.4'te verilmiştir.

Deneyleerde kullanılan yakıt filtresi kağıtlarından beklenen özellikler:

- Maksimum sayıda partikül tutması,
- Yakıtta bulunan suyu ayırması,
- Akış hızını yavaşlatmaması ve basınç kaybına neden olmaması,
- Yüksek akışkan basıncına dayanıklı olması,
- Titreşimli ortamda çalışabilmesi,
- Yüksek sıcaklıklara karşı dirençli olmasıdır.

Partikül süzme verimine göre yakıt filtresi için kullanılan ve testleri yapılan 3 kağıdın karşılaştırmalı grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Bu bağlamda MB001 kağıdının, 1,5 µm kadar küçük partikülleri bile yüksek verimle süzebildiği ortaya çıkmıştır. Küçük boyuttaki partikülleri filtreleme oranı SEL001 kağıdında nispeten daha az, KR001 kağıdında ise diğerlerine göre oldukça azdır. Yaklaşık 20 µm ve daha büyük partiküllerin filtrasyonunda ise MB001 ile SEL 001 kağıtlarının verimlerinin birbirine yaklaştığı gözlenmektedir.



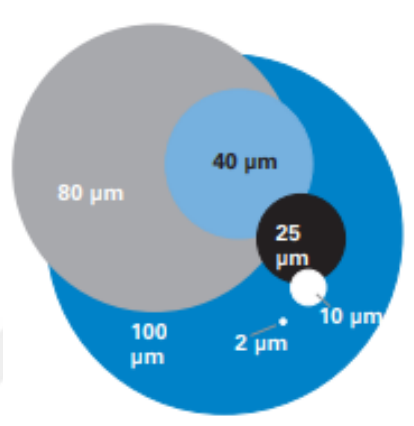
Şekil 4.4. Filtre kağıtlarının partikül süzme verimi karşılaştırmalı grafiği

Test sonuçları göz önünde bulundurulduğu zaman her kağıdın farklı yapı ve özellikte olduğu ve bunun neticesinde çeşitli filtreleme performansı gösterdiği söylenebilmektedir. MB001 olarak isimlendirilmiş meltblown filtre kağıdının, KR001 ve SEL001 kağıtlarına göre çok daha verimli filtreleme gerçekleştirdiği aşıkardır. Bu çıkarım, kağıt özellikleri ile de örtüşmektedir. MB001 kağıdının kalınlığı, KR001 kağıdının yaklaşık 3,5 katı, SEL001 kağıdının ise yaklaşık 2 katıdır. Bunun sebebi kağıtların içerik ve üretim yöntemlerinin farklı olmasıdır. Öyle ki bu farklılıklar kağıtların kalınlıklarında ve maksimum gözenek boyutlarında da kendini göstermektedir.

Filtrelemenin mikron bazında yapıyor olması aradaki farkların ciddi boyutlarda olduğunu göstermektedir. Karşılaştırma kolaylığı sağlaması amacıyla bazı bilinen maddelerin mikron bazında büyüklükleri Çizelge 4.13'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Maddeler ve büyüklükleri [10]

Madde	Boyut (μm)
Sofra tuzu	100
İnsan Saçı	80
Alt görünürlük sınırı	40
Beyaz kan hücresi	25
Kırmızı kan hücresi	8



Test sonuçlarına bakıldığında, MB001 kağıdının patlama direncinin, KR001 kağıdının 3,5 katı, SEL0001 kağıdının ise yaklaşık 4,5 katı olduğu söylenebilmektedir.

MB001 kağıdında maliyetlerin azaltılması için kalınlık ve ağırlık azaltma çalışmalarının yapılması ve aynı verim sınırları içerisinde daha az maliyetli olması sağlanarak kullanımı yaygınlaştırılabilir ve filtre kullanım ömrü artırılarak tasarruf ve küçük boyuttaki partiküllerin filtrenmesiyle çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlanabilecektir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde dizel yakıtla çalışan motorların, sıkı emisyon düzenlemelerine uymak amacıyla en iyi performans ve verimde çalışması gerekliliği kaçınılmazdır. Yakıtın en iyi şekilde filtrelenmesi, yüksek basınçta çalışan yakıt sistemi elemanlarına, özellikle de enjektörlere olabilecek en temiz yakıtın gönderilmesi büyük önem arz etmektedir.

Özellikle yakıt filtrelerinde bulunan filtre kağıtlarının, yüksek hassasiyette çalışması beklenmektedir. Bu çalışma için seçilen ve incelenen kağıtlarda görüldüğü gibi her lif yapısı, üretim yöntemi ve katkı maddesi kağıdın farklı davranışlar göstermesinde etkin rol oynamaktadır. Her kağıt, farklı spesifik ortamda, istenilen özellikleri sağlayacak ve karşılayacak şekilde üretilmektedir.

Özellikle otomotiv sektöründe kullanılan malzemelerin ağırlıkları büyük önem taşımaktadır. Kullanım alanına ve üreticinin belirlediği spesifikasyonlara göre, hükümetler tarafından belirlenmiş standartlar dahilinde farklı filtreleme verimlerinde çalışacak filtre ortamları mevcuttur. Maliyet, çalışma verimi, kullanım ömrü, kolay ulaşılabilirlik, standartlara uygunluk, ve bunun gibi parametreler göz önünde bulundurularak filtre ortamı seçimi yapılmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda sektörde çoğunlukla kullanılan 3 farklı yakıt filtre kağıdı seçilmiştir. Bunlar; kalınlık, ağırlık, kabarcık noktası, gözenek çapı, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve partikül bazında verimlilik testlerine tabi tutulmuştur. MB001, KR001 ve SEL001 kağıtları, birbiri arasında karşılaştırılıp; deney sonuçlarına göre optimizasyon yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

Tezde gerçekleştirilen deneylerin genel sonucu olarak; MB001 kağıdının, 1,5 µm kadar küçük partikülleri bile yüksek verimle süzebildiği ortaya çıkmıştır. Küçük boyuttaki partikülleri filtreleme oranı SEL001 kağıdında nispeten daha az, KR001 kağıdında ise diğerlerine göre oldukça azdır. Yaklaşık 20 µm ve daha büyük partiküllerin filtrasyonunda ise MB001 ile SEL 001 kağıtlarının verimlerinin birbirine yaklaştığı gözlenmektedir.

Ayrıca, MB00'in, KR001 ve SEL001 kağıtlarına göre çok daha verimli filtreleme gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. MB001 kağıdının kalınlığı, KR001 kağıdının yaklaşık 3,5 katı, SEL001 kağıdının ise yaklaşık 2 katıdır.

MB001 kağıdında maliyetlerin azaltılması için kalınlık ve ağırlık azaltma çalışmalarının yapılması ve aynı verim sınırları içerisinde daha az maliyetli olması sağlanarak kullanımının yaygınlaştırılması ve filtre kullanım ömrü artırılarak tasarruf ve küçük boyuttaki partiküllerin filtrelenmesiyle çevre kirliliğinin azaltılması tavsiye edilmektedir.

Ülkemiz açısından bakıldığında ise özellikle İskenderun bölgesi filtre imalatı bakımından pazar payı oldukça büyük bir bölgedir. Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'den sonra filtre üretiminde önemli bir role sahip olan ülkemizde endüstride kullanılan filtrelerin yaklaşık %60'ı üretilmektedir. Bu bölgede bir yılda üretilen filtrelerin sayısının, fabrikaların %80 kapasiteyle çalıştığı düşünülürse, 100 milyon adete yaklaştığı varsayılmaktadır. TÜİK 2020 verilerine göre Türkiye'de bulunan motorlu araç sayısı 24 milyona yaklaşmaktadır [1].

Taşıt kullanımı göz önüne alındığında ve bu sayıya diğer filtre kullanım alanları (endüstri, sağlık, savunma sanayi, havayolu, demiryolu, deniz taşıtları...) eklendiğinde Türkiye'nin yıllık filtre ihtiyacının yaklaşık 200 milyon adeti bulunduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Bu sayının yaklaşık %60'ını İskenderun bölgesinde bulunan filtre fabrikalarının sağladığı düşünüldüğünde, özellikle filtre kağıdında dışa bağımlılık ülkemiz için büyük bir milli kayıp ortaya çıkarmaktadır [28].

Önemli önerilerden biri de, ülkemizde filtre kağıdı imalatının ne kadar büyük bir önem arz ettiği olgusudur. Bir filtre imalatının birim maliyeti göz önüne alındığında filtre kağıdı bu maliyetin %60'ını oluşturmaktadır. Filtre kağıtları da ülkemizde üretimi olmadığından ithal edilmektedir. Bu nedenle üniversite-sanayi iş birlikleri artırılmalı, devlet ve iş insanlarının katkılarıyla, hem bölgesel kalkınma hem de milli ekonomiye büyük katkı sağlayacağından dolayı ülkemizde filtre kağıdı üretimi ve fabrikalaşması teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıt Sayısı, 10 Aralık 2020 tarihinde <https://tuikweb.tuik.gov.tr/HbPrint.do?id=33657> adresinden erişildi.
2. Türkiye İstatistik Kurumu, Kullanılan Yakıt Türüne Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı. 10 Aralık 2020 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Eylul-2020-33657> adresinden erişildi.
3. Avrupa Otomotiv Üreticileri Derneği, Avrupa’da Yakıt Türüne Göre Binek Araç Sayısı. 5 Kasım 2020 tarihinde <https://www.acea.be/statistics/tag/category/passenger-car-fleet-by-fuel-type> adresinden erişildi.
4. L. L. Langton, H. Q. Pinner, H. Ho, “Lethal and illegal: Solving London’s air pollution crisis”, Institute for Public Policy Research, November 2016
5. Güney, Bekir; Küçüksarıyıldız, Hanifi. Taşıt Emisyonlarının Mikroyapı Analizi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2019, 19.3: 884-893.
6. Küçükşahin, F. (2008). Dizel Motorları Gemi Dizel Makinelerinin Yapıları ve Çalışma İlkeleri. İstanbul: Birsen Yayınevi
7. Mollenhauer, Klaus; Tschoke, Helmut (ed.). Handbook of diesel engines. Berlin: Springer, 2010
8. Fırat, Müjdat, Coşkun, Nevfel Yunus, Okcu, Mutlu, Varol, Yasin. "Farklı malzemelerden yapılmış Dizel Partikül Filtresi (DPF)'nin rejenerasyon sürecinin sayısal olarak incelenmesi". Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 34 / 1 (Mart 2019): 297-308 .
9. IVECO After Treatment System. 4 Ocak 2021 tarihinde <https://www.iveco.com/turkey/urunler/pages/hi-escr.aspx> adresinden erişildi.
10. Engine Liquid Filtration (2014). 25 Aralık 2020 tarihinde www.donaldson.com adresinden erişildi.
11. Hutten, I. M. Handbook of Nonwoven Filter Medium. 2016.
12. Broughton, Jr., R.M., Brady, RH., Structure and Properties of Fibers- An Introductor~l Text, Auburn İJniversity, 1984.
13. Aslan, Selçuk; Kaplan, Sibel. Filtrasyon Tekstilleri: Kullanılan Hammaddeler, Üretim Yöntemleri Ve Kullanım Alanları. 2010 (Cilt: 17), 2010, 79.
14. ISO 4406 (2017). 4 Ekim 2020 tarihinde <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:4406:ed-3:v2:en> adresinden erişildi.
15. ISO 4020:2001, ISO 4020:2001(en), Road vehicles — Fuel filters for diesel engines — Test methods

16. Lambert, Christophe. Solving the Filtration Challenges for Diesel Fuel. SAE Technical Paper, 2004
17. Irvin M. Hutten, Handbook of Non-Woven Filter Media, Elsevier Science & Technology Books, Mart 2007
18. Dönmez, Utkay; Kurt, Hacı Arif; Atıcı, Arzu. The Effect Of Calender Temperature And Number Of Fabric Layers On Fabric Performans In Combining Nonwovens With Calender Method, 2019
19. Zhang, Yun; Xu, Xiaojie. Machine learning glass transition temperature of polymers. Heliyon, 2020, 6.10: e05055.
20. 100 Years of Respiratory Protection History. Centers for Disease Control and Prevention (Eylül 2019). 27 Aralık 2020 tarihinde <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/Respiratory-Protection-history.html> adresinden erişildi.
21. MasterS, Barry R. Richard Zsigmondy and Henry Siedentopf's Ultramicroscope. In: Superresolution Optical Microscopy. Springer, Cham, 2020. p. 165-172.
22. Anna. Amazing Inventions (Odd Science). The School Librarian, 2019, 67.1: 51-51
23. Price, Julian. History of the Development and Application of Whey Protein Products. In: Whey Proteins. Academic Press, 2019. p. 51-95
24. BISSETT, Edward J. Mathematical model of the thermal regeneration of a wall-flow monolith diesel particulate filter. Chemical Engineering Science, 1984, 39.7-8: 1233-1244.
25. Stanfel, Christine. Fuel filtration: Protecting the diesel engine. Filtration & Separation, 2009, 46.3: 22-25
26. Baracchi, Paolo; Crovetto, Claudio; Tallano, Sergio. Filter for diesel engine fuel (2004). U.S. Patent No 6,716,349
27. Lara, Agustin; Lara, Alicia. Diesel fuel filter and associated methods (2006). U.S. Patent Application No 11/206,193
28. İskenderun Ticaret ve Sanayi Odası Filtre Sektör Bilgi Notu (2017). 27 Eylül 2020 tarihinde <https://iskenderunso.org.tr/filtre-sektor-bilgi-notu/> adresinden erişilmiştir.
29. Duran Deniz; Duran, Kerim. Eriyik Üfleme (Meltblown) Yöntemiyle Üretilen Tekstil Filtreleri (Nisan 2014)
30. Fuel Filter Media, Ahlstrom-Munksjo (2018). 27 Aralık 2020 tarihinde https://www.ahlstrom-munksjo.com/globalassets/x-old/_products/files/fuel-filter_sellsheet_a4_web.pdf adresinden erişilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TÜTÜNCÜOĞLU, Elif Gözde
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.04.1994, İstanbul
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (538) 451 83 46
 e-mail : elifgozdetutuncuoglu@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2021
Lisans	Uludağ Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2016
Lise	Cahit Elginkan Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-2018	Emesis Elektrik Mekanik Sistemler	Üretim Mühendisi
2017-2017	Acar Teknolojik Sistemler	Tasarım Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Tütüncüoğlu, Elif Gözde; Atar, Onur; Arat, Hüseyin Turan; 'Research and Optimization of Paper Properties of Fuel Filters Used in Diesel Engines', IMSEC 2020, Alanya, 2020

Hobiler

Çiçekçilik, Boyama, El işi

DİZİN

A

ARAŞTIRMA BULGULARI VE
TARTIŞMA · 50

Ç

Çizelge · 51

D

dizel · 16
DPF · 18

E

Elektrospun · 27
emiyon · 16
EURO 1 · 17
EURO 6 · 17

F

Filtrasyon · 31
Filtre · 20
filtre kağıdı üretimi · 64
Filtre kağıtları · 25
Filtre ortamı · 22
Flashspun · 27

G

GİRİŞ · 16
gözenek boyutu · 31

Gravimetrik analiz · 49

H

Hava Geçirgenliği · 40
Hava geçirgenliği testi · 43

I

ISO 4020 · 24
ISO 4406 · 23

İ

İskenderun · 64

K

Kabarcık noktası testi · 42
KAYNAKLAR · 65
Kompozit · 33
krep · 40
Kuru serme · 27

M

maksimum gözenek boyutu · 44
Materyal · 40
MATERYAL VE METOD · 40
meltblown · 27
Metod · 42
milli ekonomiye · 64
motorlu taşıt · 16
Multipass · 45

N

Nonwoven · 22
NO_x · 17

Ö

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR · 38
ÖZET · iv
ÖZGEÇMİŞ · 67

P

Paris Anlaşması · 17
Partikül bazında verimlilik · 45
partikül madde · 16
Patlama Direnci · 40
Patlama mukavemeti testi · 44
Polimer · 34

R

Reçine · 32
Resim · 21

S

SCR · 18
selüloz · 22
selülozik · 40
SONUÇLAR VE ÖNERİLER · 63
Spunbond · 27

Ş

Şekil · 16

Y

yakıt filtresi · 19

yaş serme · 27

Yaş şekil verme · 31





TEKNOVERSİTE



teknoversite

İSTE

